CAPÍTULO 8

TRANSPORTE DE MATÉRIAS NA ALGODOEIRA

O transporte pneumático (por ar) é o mais utilizado nas algodoeiras. Considerando o gasto energético associado, deve ser cuidadosamente desenhado. Os princípios, com pressões e fluxos, assim como normas e técnicas de medição devem ser conhecidos pelos encarregados para boa operação e manutenção. O capítulo apresenta elementos teóricos e práticos sobre os vários tipos de ventiladores e usos respectivos, assim como várias regras de desenho e dimensionamento dos circuitos pneumáticos. Os equipamentos de transporte mecânico utilizados na algodoeira são as roscas em calhas, as esteiras e os transportadores de corrente. Para cada um é apresentada uma descrição geral, vantagens e desvantagens, comparativos e elementos de cálculos de capacidade e potência absorvida.

Foto: Cotimes do Brasil

TRANSPORTE DE MATÉRIAS NA ALGODOEIRA

Jean-Luc Chanselme
Cotimes do Brasil
Cascavel-PR
jean@cotimesdobrasil.com.br

1. Transporte pneumático

O transporte pneumático é muito utilizado nas algodoeiras, onde representa de 50 a 70% do consumo total de energia. Por isso, é importante que o transporte por ar seja bem desenhado e dimensionado. O trajeto e o dimensionamento das tubulações, o tipo e o dimensionamento dos ventiladores e motores, a qualidade de fabricação e vedação das tubulações e máquinas condiciona a eficiência e o desempenho do processo, assim como o custo de beneficiamento

1.1. Definições e noções

1.1.1. Pressões

A pressão de um fluido é a força que ele exerce por unidade de área e perpendicularmente a essa área. A unidade de pressão é o milímetro de coluna de água, com as seguintes equivalências: 1 mm CA = 9.807 *Pa* (Pascal).

A pressão estática (*Pe)* existe no ar em repouso e em movimento devido à resistência do sistema ao deslocamento do ar. É o valor da força exercida pelo ar sobre as paredes dos dutos ou máquinas. Existe em todas as direções e se exerce perpendicularmente às paredes (Figuras 8.1 e 8.2). A *Pe* é positiva quando é superior a pressão atmosférica. Neste caso, se as paredes do duto fossem elásticas, elas se dilatariam. A *Pe* é negativa quando é inferior a pressão atmosférica. Como dutos e máquinas exercem uma resistência ao deslocamento de ar, o ar movimentado gera uma Pe positiva no circuito pneumático de sopro e negativa no circuito de sucção.

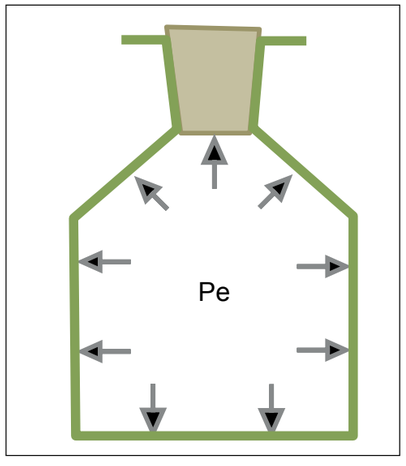


Figura 8.1. *Pressão estática no ar em repouso.* (Fonte: *Cotimes do Brasil, 2011).*

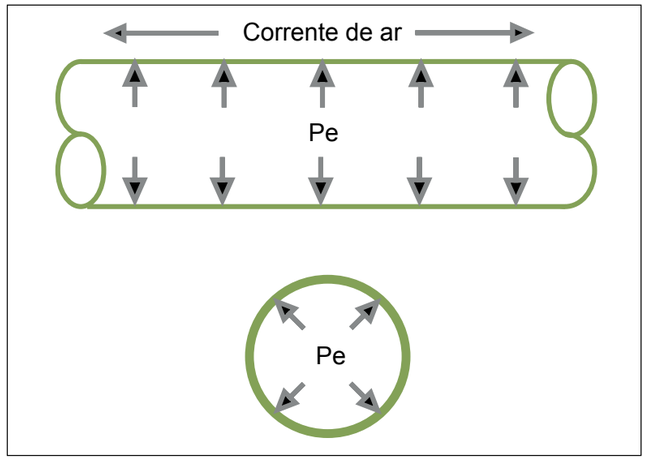


Figura 8.2. *Pressão estática no ar em movimento.* (Fonte: *Cotimes do Brasil, 2011).*

A pressão dinâmica (*Pd)* resulta do movimento de ar, manifesta-se na mesma direção que ele e varia com a sua velocidade. É sempre positiva.

Numa tubulação com ar em movimento, existem *Pe* e *Pd*. A pressão total é a soma das pressões estática e dinâmica: *Pt = Pe + Pd*.

1.1.2. Relação fluxo, velocidade e secção

O fluxo de ar (vazão) é o volume de ar deslocado por unidade de tempo. O fluxo depende da velocidade (m/s) e da secção do duto (m^2):

Fluxo = Velocidade x Secção

Os fluxos deveriam se expressar em metros cúbicos por segundo, mas o habito é usar a unidade m^3/h:

Fluxo (m^3/h) = Fluxo (m^3/s) x 3.600

1.1.3. Medições

As pressões numa tubulação podem ser medidas observando o deslocamento de uma coluna de água numa mangueira em U. A pressão estática é medida perpendicularmente à parede (Figura 8.3). A pressão total é medida orientando o dispositivo contra a corrente de ar em movimento. A pressão dinâmica é calculada com a fórmula *Pd = Pt – Pe*. Pode ser medida diretamente, conectando a tomada de pressão total de um lado e a da pressão estática do outro.

Na algodoeira, as pressões de ar são medidas com mangueira em U com água (podem ser fabricadas no local com mangueira transparente e altura 75 cm), ou, de maneira mais prática, com um tubo de Pitot conectado a um manômetro diferencial de agulha ou digital. Os modelos de agulha têm uma resolução fraca. Devem ser escolhidos com escalas adaptadas aos níveis de pressão encontrados. Na algodoeira, é recomendado ter dois manômetros: um de escala de 0 a 100 mm CA para *Pd* e um de escala de 0 a 750 mm CA para a *Pe* (Figura 8.4).

O uso do tubo de Pitot simplifica muito as medições, pois permite medir, com um mesmo dispositivo e

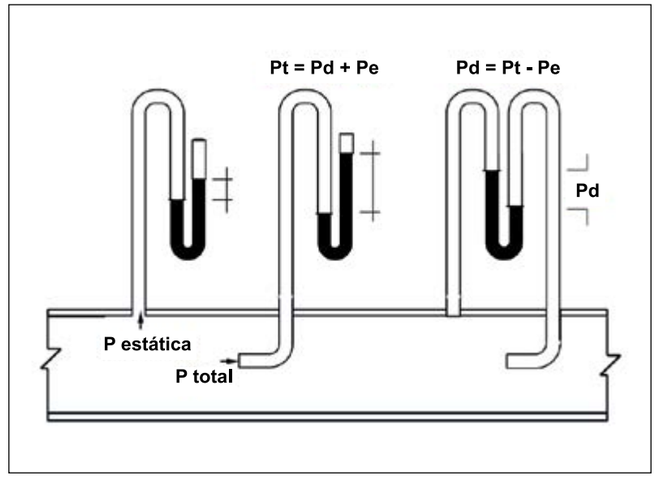


Figura 8.3. *Medição das pressões estática, total e dinâmica.* (Fonte: *Cotimes do Brasil, 2011).*

Figura 8.4. *Manômetro de agulha.* (Foto: *Cotimes Afrique, 2011).*

Figura 8.5. *Detalhes do tubo de Pitot.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2012).*

simultaneamente, a pressão estática e a pressão total (Figura 8.5). Com a ponta do tubo dirigida contra a corrente de ar, a pressão medida no tubo interior é a pressão total, e a medida no tubo exterior é a pressão estática. O manômetro conectado na saída dos dois tubos indica a diferença entre as duas pressões, seja a pressão dinâmica (Figura 8.6). Para medir e ler a pressão estática, basta desconectar o tubo interno (Figura 8.7).

Devido ao atrito, o ar na tubulação tem velocidade diferente, dependendo da proximidade da parede. A medição de pressão com o tubo de Pitot deve ser feita em um único ponto, no centro da tubulação. Para evitar turbulências e deformação do fluxo de ar devido a curvas, por exemplo, a medição deve ser feita em porções retas, a uma distância mínima de 8.5 vezes o diâmetro depois de uma curva ou deformação, e de 1.5 vezes o diâmetro antes de uma curva ou deformação (Figura 8.8), onde o fluxo de ar tem um perfil de velocidade estável e normal (Figura 8.9). Por exemplo, para medição de ar numa tubulação de diâmetro 37 cm, o furo deverá ser localizado numa porção reta, a um mínimo de 3.2 m após uma curva e, no mínimo, 55 cm antes de qualquer curva ou deformação. Devido à turbulência, o valor a ser considerado é uma pressão média sobre um período de tempo (10 a 30 segundos).

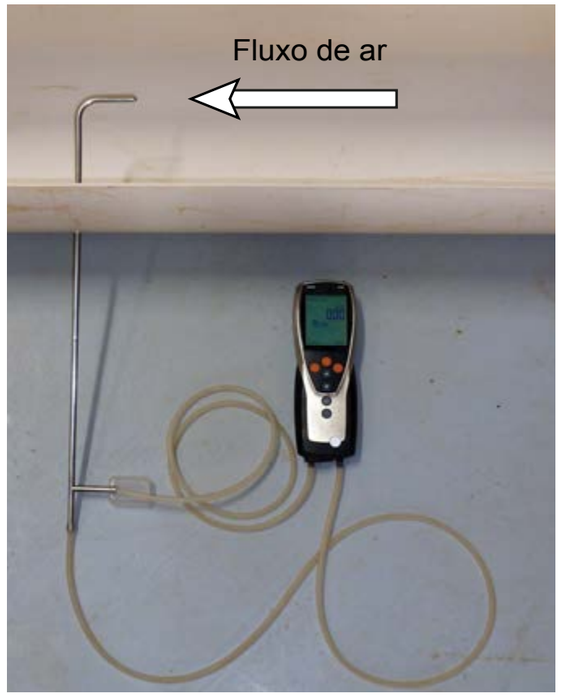


Figura 8.6. *Medição de Pd com tubo de Pitot.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

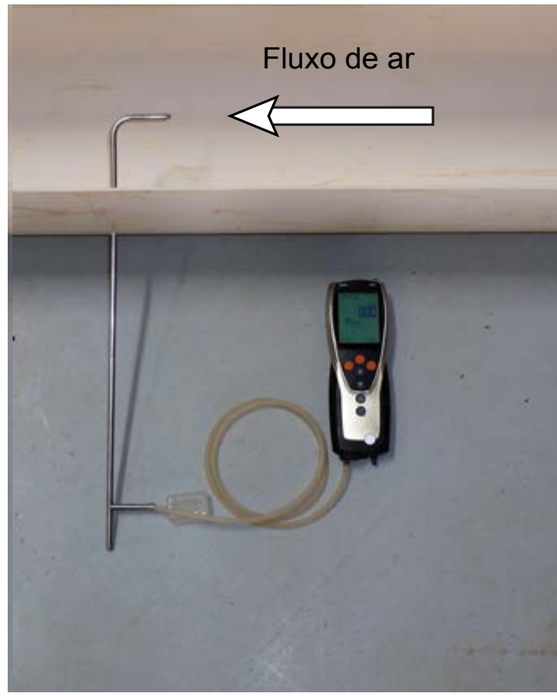


Figura 8.7. *Medição de Pe com tubo de Pitot.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

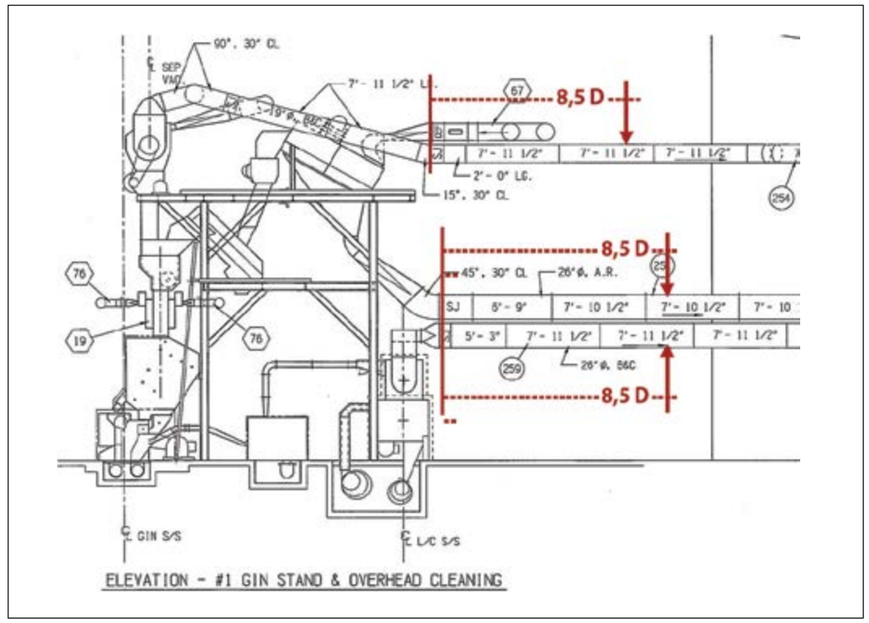


Figura 8.8. *Localização da medição de ar.* (Fonte: *Cotimes do Brasil, 2011).*

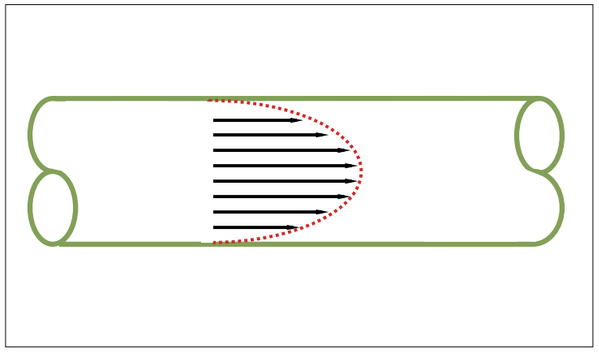


Figura 8.9. *Perfil de velocidade normal.* (Fonte: *Cotimes do Brasil, 2011).*

A velocidade do ar nas tubulações é calculada a partir da pressão dinâmica no centro da tubulação, utilizando a fórmula:

$$Velocidade\ (m/s) = 3.68 \times Pd\ (mm\ CA)^{0.5}.$$

A curva da Figura 8.10 apresenta a velocidade do ar nas tubulações em função da pressão dinâmica medida com o tubo de Pitot nas condições padrão do ar (21° C e 1.013 mbar).

Os fluxos são estimados a partir das velocidades e da secção, ela mesma calculada a partir da medição prática da circunferência, quando o diâmetro não é conhecido, pela seguinte fórmula:

$$Secção\ (m^2) = circunferência\ (m)^{\ 2} / 12.57$$

1.2. Normas no transporte e na secagem

Para poder mover a matéria, é necessária certa velocidade e uma quantidade de ar. Quanto mais rápida a corrente de ar, mais força ela aplicará na matéria transportada. É de primeira importância manter a velocidade em todo o circuito pneumático para poder mover o material adequadamente. Existem normas para o transporte pneumático na algodoeira referentes à velocidade de transporte (Tabela 8.1), considerando uma relação entre volume de ar e massa de matéria de 0.9 a 1.2 m^3 de ar por quilo de matéria transportada. Vale lembrar que, para transportar o algodão em caroço no circuito de secagem, essa relação sobe de 1.6 até 2.5 m^3, a fim de conseguir um bom potencial de secagem, mas as velocidades ficam as mesmas.

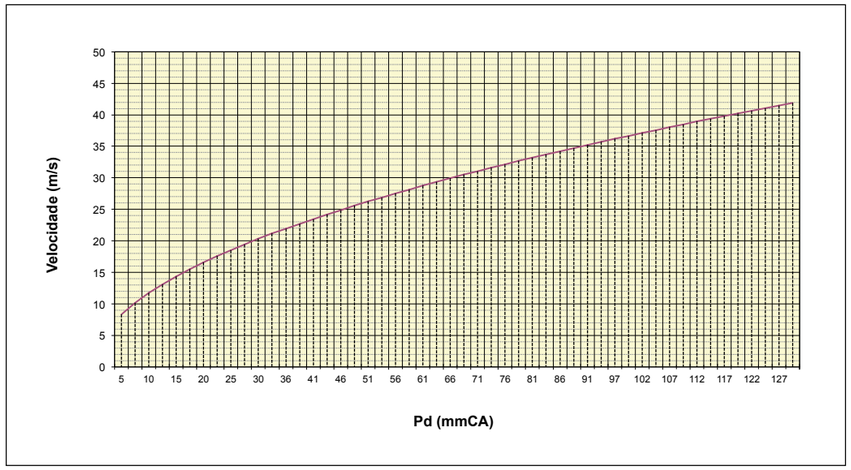


Figura 8.10. *Velocidade de ar associada à pressão dinâmica.* (Fonte: *Cotimes do Brasil, 2011).*

Tabela 8.1. *Normas de velocidades para transporte de matérias.*

Matéria / local	Velocidade do ar (m/s)
Algodão em caroço no telescópio	28.0 - 30.5
Algodão em caroço nas tubulações	17.8 - 25.4
Algodão em caroço nas torres de gavetas	10.2 - 12.7
Fibra	7.6 - 10.2
Caroço em pequenas tubulações	20.3 - 25.4
Casca e resíduos	20.3 - 25.4

Fonte: *Anthony e Mayfield, 1994.*

1.3. Ventiladores

O ventilador é uma máquina destinada a converter energia mecânica de rotação em um diferencial de pressão que faz o ar se mover. Esse diferencial (chamado de demanda em Pe) depende do sistema pneumático e do material a transportar.

Existem dois tipos principais de ventiladores usados para o transporte pneumático na algodoeira. O ventilador centrífugo (majoritário) e o ventilador helicoidal ou axial.

1.3.1. Ventiladores centrífugos

O ventilador centrífugo é constituído por um rotor de palhetas girando dentro de uma caixa de metal. O ar entra pelo lado da caixa, paralelamente ao eixo do rotor, e sai radialmente, com ângulo de 90° (Figura 8.11).

Os modelos utilizados nas algodoeiras variam pelas dimensões (profundidade, altura e largura da caixa), a entrada de ar é de um lado. A saída pode ser posicionada diferentemente para ser diretamente conectada em tubulações horizontais ou verticais, ou eventualmente inclinadas.

Muitos parâmetros influem no desempenho dos ventiladores centrífugos: as dimensões externas, mas também o tipo e dimensões do rotor. A qualidade do desenho e as condições de uso condicionam a eficiência. No Brasil, modelos antigos, modificados, desenhos empíricos, desgastes e dimensionamentos errados são motivos frequentes de eficiência baixa.

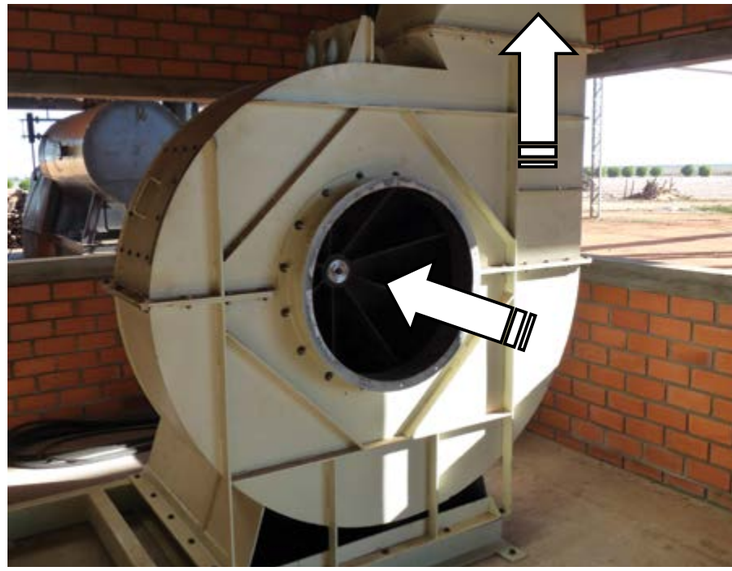


Figura 8.11. *Ventilador centrífugo.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

1.3.1.1. Leis dos ventiladores

As leis dos ventiladores permitem entender e aproveitar as relações entre rotação, vazão, pressão e consumo de energia.

- A vazão (m^3/h) varia na mesma proporção que as rotações do eixo do rotor;

$$Vazão\ final = \frac{Vazão\ inicial \times RPM\ final}{RPM\ inicial}$$

- A Pe (mm CA) gerada varia como o quadrado das rotações:

$$Pe\ final = \frac{Pe\ inicial \times RPM\ final^2}{RPM\ inicial^2}$$

- A potência elétrica (CV) varia como o cubo das rotações;

$$CV\ final = \frac{CV\ inicial \times RPM\ final^3}{RPM\ inicial^3}$$

Por exemplo, no caso de um ventilador de tamanho 45 operando a 900 RPM com uma vazão de 11.000 m^3/h, uma pressão estática de 76 mm CA e com uma potência de 6.1 CV, um aumento das rotações de 50% para 1.350 RPM vai gerar uma vazão de 16.500 m^3/h, uma pressão estática de 171 mm CA, com uma potência de 20.6 CV.

O dimensionamento inicial do ventilador é importante. Um ventilador subdimensionado vai precisar de rotações altas, o que vai gerar muito consumo de energia. Um ventilador superdimensionado vai rodar com rotações baixas, e pode não gerar uma pressão estática suficiente para o transporte das matérias.

1.3.1.2. Curvas de desempenho dos ventiladores

Uma vez determinados os fluxos de ar necessários para o transporte e estimadas as pressões estáticas (demandas nas pressões dinâmicas e estáticas), o engenheiro deve dimensionar o ventilador (tamanho e motor) e determinar as condições de operação (RPM), para conseguir o melhor desempenho do sistema pneumático. A escolha de um ventilador é muito técnica. São necessárias curvas ou tabelas de desempenho específicas de cada modelo, que devem ser disponibilizadas pelo fabricante (Tabela 8.2). As curvas registram valores obtidos durante testes específicos, e para condições padrão de temperatura e pressão do ar.

O ventilador da Tabela 8.2 tem as seguintes características:

- Ventilador centrífugo de tamanho 45;
- Rotor de 10 palhetas retas e diâmetro 0.76 m;
- Entrada circular de diâmetro 0.50 m;
- Saída quadrada de 0.40 m.

Tabela 8.2. *Tabela (curva) de desempenho de ventilador centrífugo.*

Vazão	Ps em mm H2O																	
	25.4		50.8		76.2		101.6		127		152.4		177.8		203.2		228.6	
m³/h	RPM	CV	RPM	CV	RPM	CV	RPM	CV	RPM	CV	RPM	CV	RPM	CV	RPM	CV	RPM	CV
7150	549	1.4	680	2.2	792	3.1	892	4.1	984	5.1	1067	6.1	1145	7.2	1218	8.2	1287	9.3
7795	573	1.7	701	2.6	810	3.6	908	4.6	998	5.7	1079	6.7	1156	7.9	1228	8.9	1296	10.1
8440	597	2	722	3	829	4	924	5.1	1011	6.2	1091	7.4	1167	8.5	1238	9.7	1306	10.9
9085	621	2.4	743	3.5	847	4.5	940	5.6	1025	6.8	1103	8	1177	9.2	1249	10.4	1315	11.7
9731	645	2.7	764	3.9	866	5	956	6.1	1039	7.4	1116	8.6	1188	9.9	1259	11.2	1324	12.5
10376	668	3	785	4.3	884	5.5	972	6.7	1052	7.9	1128	9.2	1199	10.5	1269	11.9	1333	13.3
11021	695	3.5	809	4.9	905	6.1	991	7.4	1070	8.8	1145	10.1	1215	11.5	1284	12.9	1347	14.3
11666	723	4.1	833	5.6	928	6.9	1012	8.2	1090	9.7	1163	11.1	1232	12.5	1300	14	1362	15.5
12311	750	4.7	857	6.2	951	7.7	1033	9.1	1110	10.6	1182	12.1	1250	13.5	1316	15	1377	16.6
12957	778	5.3	882	6.9	973	8.4	1055	9.9	1130	11.5	1201	13.1	1268	14.6	1332	16.1	1392	17.7
13600	805	5.9	906	7.6	996	9.2	1076	10.8	1150	12.4	1220	14.1	1285	15.6	1348	17.2	1408	18.9
14245	833	6.5	930	8.3	1018	9.9	1097	11.6	1170	13.4	1239	15.1	1303	16.7	1364	18.3	1423	20
14891	861	7.1	955	8.9	1041	10.7	1118	12.4	1190	14.3	1257	16	1320	17.7	1380	19.4	1438	21.1
15536	889	7.8	980	9.8	1064	11.6	1140	13.4	1211	15.3	1277	17.2	1339	18.9	1398	20.6	1455	22.5
16181	919	8.9	1007	10.8	1089	12.7	1164	14.7	1234	16.6	1299	18.6	1361	20.4	1419	22.2	1475	24.1
16826	949	9.9	1034	11.9	1115	13.9	1188	15.9	1257	18	1321	19.9	1382	21.9	1440	23.8	1496	25.8
17471	979	11	1062	13	1140	15	1212	17.2	1280	19.3	1343	21.3	1404	23.4	1460	25.4	1516	27.5
18116	1009	12	1089	14.1	1165	16.2	1236	18.4	1303	20.6	1365	22.7	1425	24.9	1481	27	1536	29.2
18762	1039	13.1	1116	15.1	1190	17.3	1260	19.7	1326	21.9	1387	24.1	1447	26.4	1502	28.6	1557	30.8
	1069	14.1	1143	16.2	1215	18.5	1284	20.9	1349	23.2	1409	25.5	1468	27.9	1523	30.2	1577	32.5

Vazão	Ps em mm H2O																	
	254		279.4		304.8		330.2		355.6		381		406.4		457.2		508	
m³/h	RPM	CV	RPM	CV	RPM	CV	RPM	CV	RPM	CV	RPM	CV	RPM	CV	RPM	CV	RPM	CV
7150	1353	10.5	1416	11.7	1477	12.9	1536	14.1	1592	15.4	1620	16.1	1647	16.7	1701	17.9	1901	23.4
7795	1362	11.4	1424	12.6	1484	13.9	1543	15.1	1598	16.5	1631	17.3	1663	18.1	1725	19.7	1904	24.8
8440	1370	12.2	1432	13.5	1492	14.8	1550	16.1	1605	17.5	1642	18.6	1678	19.5	1748	21.5	1907	26.2
9085	1379	13.1	1440	14.4	1499	15.8	1556	17.2	1611	18.6	1652	19.8	1694	21	1772	23.4	1910	27.6
9731	1387	13.9	1449	15.3	1507	16.8	1563	18.2	1617	19.6	1663	21	1709	22.4	1796	25.2	1913	28.9
10376	1396	14.8	1457	16.2	1514	17.7	1570	19.2	1623	20.7	1674	22.3	1725	23.8	1819	27	1916	30.3
11021	1408	15.9	1469	17.4	1525	18.9	1581	20.5	1633	22	1685	23.6	1736	25.3	1833	28.7	1924	32
11666	1423	17	1482	18.6	1538	20.2	1593	21.8	1644	23.4	1696	25.1	1747	26.8	1842	30.3	1933	33.7
12311	1437	18.2	1495	19.8	1550	21.5	1604	23.1	1656	24.8	1706	26.5	1757	28.3	1852	31.8	1942	35.5
12957	1451	19.4	1509	21	1563	22.7	1616	24.4	1667	26.1	1717	27.9	1767	29.7	1861	33.4	1951	37.2
13600	1466	20.6	1522	22.3	1575	24	1628	25.8	1678	27.5	1728	29.4	1778	31.2	1871	35	1960	38.9
14245	1480	21.7	1536	23.5	1588	25.3	1640	27.1	1689	28.9	1739	30.8	1788	32.7	1880	36.6	1970	40.7
14891	1494	22.9	1549	24.7	1601	26.6	1652	28.4	1701	30.3	1750	32.2	1798	34.2	1890	38.2	1979	42.4
15536	1510	24.3	1564	26.1	1615	28	1666	29.9	1714	31.8	1762	33.9	1810	35.9	1901	40	1989	44.3
16181	1530	26	1583	27.9	1633	29.9	1683	31.8	1731	33.8	1778	35.8	1826	37.9	1915	42.1	2002	46.5
16826	1549	27.8	1601	29.7	1651	31.7	1701	33.7	1747	35.7	1795	37.8	1841	40	1930	44.2	2015	48.6
17471	1569	29.5	1620	31.5	1670	33.6	1718	35.6	1764	37.7	1811	39.8	1857	42	1944	46.4	2027	50.7
18116	1588	31.3	1638	33.3	1688	35.4	1735	37.5	1781	39.6	1827	41.8	1872	44	1958	48.5	2040	52.9
18762	1608	33	1657	35.1	1706	37.3	1753	39.4	1798	41.6	1843	43.7	1888	46.1	1973	50.6		
19407	1627	34.8	1675	36.9	1724	39.1	1770	41.3	1815	43.5	1859	45.7	1903	48.1	1987	52.7		

Fonte: *Cotimes do Brasil, 2011.*

Com este ventilador, se o fluxo de ar a ser gerado é de 13.600 m^3/h, com uma demanda de pressão estática de 330 mm de coluna de água, o rotor do ventilador deve girar com 1.630 RPM e a potência de 26 CV (20 kW). O motor a ser instalado é de 30 CV (22.3 kW).

No Brasil, existem e são utilizados numerosos ventiladores de desempenhos desconhecidos, por serem antigos, construídos artesanalmente, ou por não serem caracterizados cientificamente pelos fabricantes. Neste caso, é impossível calcular um sistema pneumático otimizado. As consequências sempre são significativas, com deficiências no transporte (falta de alimentação, embuchamentos) e perdas financeiras, pelas deficiências ou por superdimensionamento.

Ventiladores novos não deveriam ser comprados sem as suas respectivas curvas de desempenho.

Existem muitas algodoeiras utilizando um mesmo ventilador para várias funções, tentando economizar energia. Essas práticas devem ser evitadas, pois, por serem quase sempre implantadas sem cálculos, geram perda de eficiência. O ventilador de sucção

utilizado para empurrar o caroço não consegue mais puxar um fluxo de algodão em caroço regular e suficiente, pela irregularidade e importância da pressão estática total nas tubulações. O ventilador de sucção utilizado para puxar os resíduos pode se tornar ineficiente para a sua função principal se o fluxo de resíduos é alto, deixando os descaroçadores insuficientemente alimentados.

1.3.1.3 Características dos ventiladores centrífugos

A principal característica do ventilador centrífugo é a capacidade de responder a demandas de pressão estática alta (até 800 mm CA).

Velocidades máximas de rotação do rotor diminuem com o diâmetro, pois a velocidade periférica é limitada, a princípio, a 90 m/s, por razão de segurança. Um rotor de diâmetro 0.6 m pode girar até 2.800 RPM, e um rotor de 1.0 m não deverá ultrapassar 1.700 RPM.

Dois ventiladores centrífugos idênticos podem ser associados para reforçar o desempenho. Ventiladores em série (um soprando na entrada do outro) adicionam a pressão estática providenciada, sem aumento da capacidade de fluxo. Ventiladores em paralelo adicionam os fluxos (capacidade dobrada), sem alteração da Pe.

Existem vários tipos de ventiladores centrífugos diferentes, principalmente pelo tipo de rotor. É economicamente importante selecionar o tipo de rotor de eficiência máxima para o manejo do material transportado. Existem três tipos de ar na algodoeira:

- ar com abrasivos granulares (sucção, fundo de batedor, sobra, casca, fibrilha, etc.);
- ar sujo sem abrasivos granulares (sucção dos condensadores);
- ar limpo (ar ambiente, quente ou frio, empurrado).

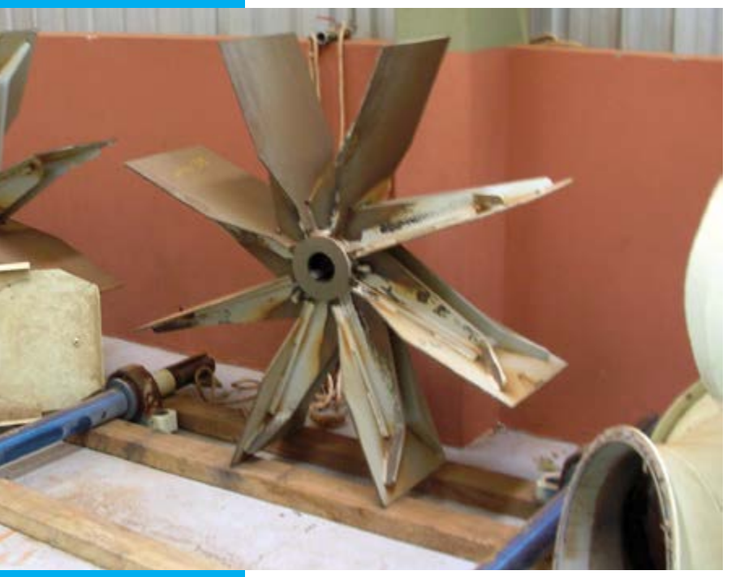


Figura 8.12. *Rotor de palhetas retas.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2009).*

Rotor de palhetas retas (Figura 8.12): Os rotores de palhetas retas (em geral, 6 a 10 palhetas) são bem adaptados ao ar sujo carregado de abrasivos granulares. Apesar de um desempenho limitado, são utilizados na sucção inicial, na sucção de fundo de batedor e transporte de resíduos. O ventilador pode ser revestido interiormente de borracha para limitar o desgaste pelas matérias abrasivas, em particular areia.

Rotor de palhetas curvas radialmente (Figura 8.13): Os rotores de palhetas curvas radialmente fornecem maior eficiência (até 75%) e economia de energia no caso do ar sujo, porém sem abrasivos granulares. São indicados para altos volumes e pressões estáticas, como no caso da sucção dos condensadores gerais ou de limpadores de pluma, com catação de poeira por ciclones.

Considerando o exemplo de um circuito pneumático de condensador geral com 380 mm CA de Pe e 53.500 m^3/h de vazão de ar, um ventilador centrífugo de palhetas retas necessita de 141 CV (eficiência de 60%). Com o rotor de palhetas curvas radialmente, a potência necessária cai para 109 CV.

Figura 8.13. *Rotor de palhetas curvas radialmente.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2009).*

Rotor de palhetas inclinadas para trás (Figura 8.14): Os rotores de palhetas inclinadas para trás fornecem alta eficiência (até 75%) e economia de energia. São indicados para altos volumes e pressões estáticas normais, mas seu uso é limitado ao caso do ar limpo, seja sem ou com poucas partículas pequenas. São indicados para o ar empurrado nos circuitos de tipo empurre-puxe, utilizados principalmente para secagem.

Considerando o exemplo de um circuito pneumático de secagem com torre de gavetas com 380 mm CA de Pe e 53.500 m^3/h de vazão de ar, um ventilador centrífugo de palhetas retas necessita de 141 CV (eficiência de 60%). Com o rotor de palhetas inclinadas para trás, a potência necessária cai para 95 CV.

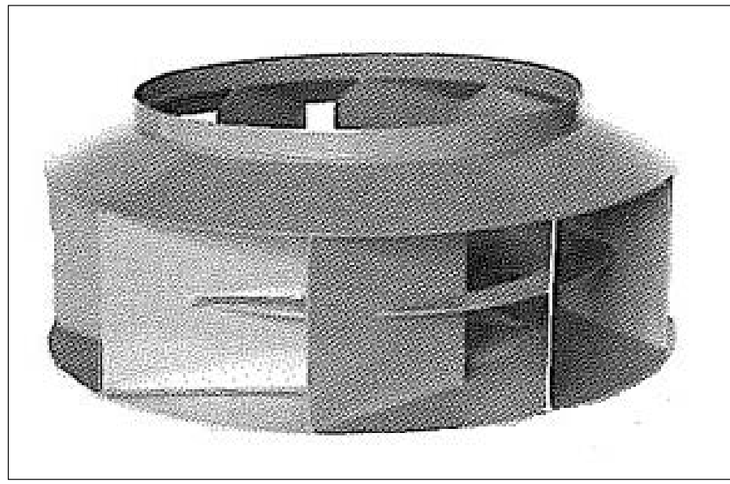


Figura 8.14. *Rotor de palhetas inclinadas para trás.* (Foto: *Continental Eagle Corp., 2008).*

Figura 8.15. *Ventilador axial de condensador.* (Foto: *Cotimes, 2007).*

Figura 8.16. Ventilador axial simples. (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

1.3.2. Ventiladores axiais

No ventilador axial, o ar atravessa o ventilador paralelamente ao eixo, sob efeito de uma hélice com pás inclinadas. Nas algodoeiras, são chamados de exaustores e são utilizados para sucção nos condensadores. São montados de um lado, no caso dos condensadores de grande diâmetro (Figura 8.15). O motor pode ser montado na parte externa da tubulação ou, mais raramente, dentro e no centro dela, atrás da hélice. São ventiladores que têm vazão grande, mas não conseguem operar quando a Pe no sistema é maior que 170 mm CA. Nas usinas antigas, eles sopram para charutos. Nas usinas modernas, com catação de poeira padronizada com ciclones, os ventiladores axiais não são mais utilizados e são substituídos por ventiladores centrífugos de alto volume.

Existem vários tipos de ventiladores axiais, principalmente pelo tipo de rotor. O ventilador axial simples consiste em uma hélice com pás girando dentro de uma carcaça tubular metálica (Figura 8.16). Consegue operar contra pressões de até 75 mm CA. No ventilador axial de palhetas, às vezes chamado de exaustor turbinado, a hélice tem cone largo e pás mais curtas. A carcaça tubular é equipada de várias chapas guias, fixadas radialmente e destinadas a endireitar o fluxo de ar paralelamente às paredes do cano (Figura 8.17). Graças a este dispositivo de guias, o ventilador aguenta Pe maiores, até 175 mm CA.

Ao contrário dos ventiladores centrífugos, os axiais consomem mais energia quando o fluxo de ar diminui. Por razão disso e devido à dificuldade de operar contra Pe médias, a tela do condensador, que tem tendência a entupir (Figura 8.18), deve ser mantida limpa (limpeza a cada turno), para uma eficiência boa e um gasto menor de energia.

1.4. Tubulações

As tubulações levam o ar e a matéria de um ponto para outro. Cada tubulação do circuito de transporte deve ser calculada para conseguir a velocidade de ar desejada neste ponto. Os diâmetros utilizados estão entre 20 e 106 cm.

Nos circuitos de secagem que utilizam grandes vazões, os diâmetros raramente ultrapassam 86 cm. Quando os fluxos exigem diâmetros maiores, o processo é dividido em duas linhas iguais. Quando é necessário dividir o fluxo de ar e o algodão (entre 2 linhas ou na entrada de um batedor para espalhar a matéria), a divisão deve ser feita por um calção quadrado e regulável com defletores internos (Figura 8.19) que permitem obter uma divisão em fluxos iguais.

Desenhos do sistema de tubulação devem obedecer às normas técnicas. Quanto mais compridas, indiretas e estreitas são as tubulações, mais alta será a demanda em Pe e maior será o consumo de energia para atender essa demanda. Os circuitos devem ser os mais retos possíveis, com o mínimo de curvas, de maior raio possível. A título de exemplo, cada curva de raio interno igual ao diâmetro gera uma pressão estática equivalente a um comprimento de tubo reto igual a 12 vezes o diâmetro.

Há a necessidade de manter as tubulações perfeitamente vedadas, para evitar gasto de energia e entrada de ar falso (perda de sucção), ou emissão de poeira no sopro.

No Brasil, muitas usinas têm problemas de funcionamento e perdem dinheiro, por ter desenho empírico e excesso de tubulação. Os funileiros devem seguir e aplicar o desenho calculado por um estudo de engenharia.

Figura 8.17. *Ventilador axial de palhetas.* (Foto: *Cotimes, 2007).*

Figura 8.18. *Condensador entupido.* (Foto: *Cotimes, 2007).*

Figura 8.19. *Calção de divisão de tubulação.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

1.5. Engenharia pneumática na algodoeira

O primeiro critério a ser considerado é o potencial de produção do processo, em termos de fardos por hora. Conhecendo o rendimento de fibra esperado, é possível determinar o fluxo de algodão em caroço e fibra no sistema (kg/h).

Baseado na norma de relação ar/matéria para o transporte ou a secagem do algodão (m^3 de ar por kg de matéria transportada), é possível determinar o fluxo de ar necessário no sistema (m^3/h). Uma vez determinados o fluxo e a velocidade (Tabela 8.1), será possível calcular a secção e o diâmetro da tubulação, assim como a largura de uma torre de secagem de gavetas, sabendo a distância entre elas. Um coeficiente de 1.2 a 1.25, levando em conta perdas de ar no sistema, deve ser aplicado para determinar a vazão na entrada ou na saída do ventilador.

Todos os projetos de algodoeiras devem ser apresentados junto com um projeto pneumático, apresentando:

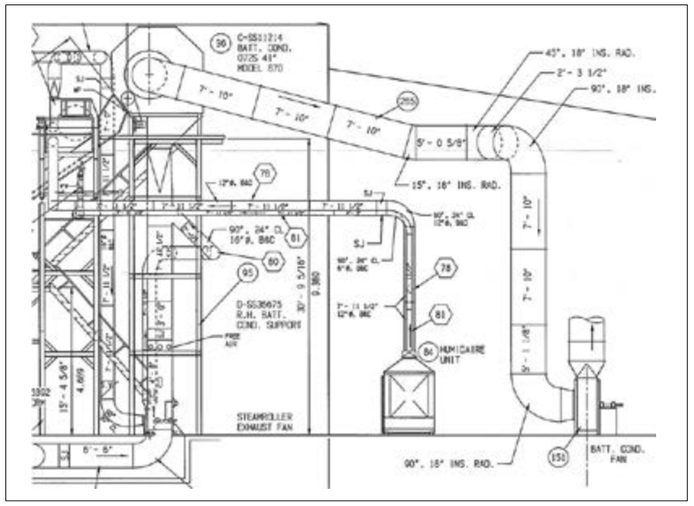


Figura 8.20. *Projeto pneumático para algodoeira.* (Fonte: *Continental Eagle Corp., 2008).*

- O trajeto e as dimensões das tubulações, válvulas e calções;
- As dimensões e as localizações das transições entre tubulações e máquinas;
- O valor do fluxo de ar em cada tubulação;
- O tamanho e a localização dos ventiladores;
- RPM e potência dos motores de ventiladores.

O projeto pneumático (Figura 8.20) é indispensável para o funileiro, que deve seguir as especificações do fabricante para fabricar e montar os elementos da funilaria; e para equipe da usina, para monitorar as características de fluxo e velocidades no sistema.

2. Transporte mecânico

2.1. Roscas transportadoras

A rosca transportadora é um dos mais antigos e simples métodos para movimentação de material a granel. Consiste de um helicóide rotativo dentro de uma calha estacionária. O material colocado na calha é movido ao longo de seu comprimento pela rotação do helicóide (Figura 8.21).

Na algodoeira, roscas transportadoras são bastante utilizadas para transporte horizontal do algodão em caroço (saída dos desmanchadores e distribuição entre descaroçadores), o caroço (coleta em baixo dos descaroçadores e transporte) e os resíduos (piolho embaixo dos descaroçadores, resíduos de alimentadores, batedores e extratores, por exemplo).

Roscas em tubos são bastante raras nas algodoeiras do Brasil, somente utilizadas para levar verticalmente o caroço ao lado do último descaroçador do conjunto.

Figura 8.21. *Helicóide e matéria movimentada na rosca.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2012).*

Figura 8.22. *Calha de rosca distribuidora.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2009).*

2.1.1. Descrição geral das roscas em calhas

A rosca é constituída por um eixo sobre o qual é soldado o helicóide. O eixo deve ser perfeitamente alinhado e de características suficientes para transmitir o esforço necessário sem torção e sem empenar. A rosca é constituída em geral de secções unitárias

Figura 8.23. *Mancais e suportes.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2008).*

de 3 a 4 m de comprimento. Para transporte horizontal ou levemente inclinado na algodoeira, o helicóide tem uma distancia padrão entre as duas cristas consecutivas, igual ao diâmetro do helicóide.

A rosca gira dentro de uma calha geralmente em forma de U. O nível do produto dentro da calha não deve ultrapassar o eixo da rosca, ou seja, 45% da secção da calha. Devido ao ângulo do helicóide em relação ao eixo, o produto transportado é empurrado lateralmente contra uma das paredes. No caso da rosca distribuidora, a parede frontal deve ser inclinada para aumentar a capacidade de transporte e o fluxo de algodão que cai para os descaroçadores (Figura 8.22).

Transportadores de rosca com calha em U podem ser utilizados com inclinação até 20°, mas com redução de carga aumentando com o ângulo. Para ângulos maiores a rosca deve ter um espaço menor. A folga rosca/calha deve ser maior do que o caroço para evitar quebras. A coesão da massa de caroço de algodão devido ao *linter* facilita o transporte.

Mancais com rolamentos devem ser perfeitamente alinhados e distantes de 3 a 4 m para evitar as flexões. Para roscas curtas, mancais fixados nas chapas de extremidade são suficientes. Para roscas compridas, mancais são fixados sobre suportes rígidos firmemente fixados numa parede da calha como no caso da rosca distribuidora (Figura 8.23).

Fora das partes que não recebem material os transportadores de rosca são facilmente tampados e selados para evitar o vazamento de poeiras ou a contaminação do material por sujeiras ou umidade, e para prevenção de acidentes. Tampa pode ser chata (interior) ou convexa no caso de transporte exposto à chuva.

Dependendo do seu tamanho, a movimentação da rosca é feita por motorredutor diretamente acoplado ao eixo, ou por transmissão por correia ou corrente. Velocidades de rotação recomendadas variam com o produto transportado e o diâmetro. Na algodoeira, as velocidades variam de 75 a 130 RPM. É sempre possível aumentar a rotação para aumentar o fluxo, mas em detrimento da longevidade e do produto (quebras).

2.1.2. Elementos de cálculo

A capacidade das roscas em calhas U é em função do diâmetro e da velocidade de rotação. É um fluxo em volume (m^3/h). Essas dimensões são limitadas pela natureza do produto a ser transportado. Na prática, com o caroço e os resíduos, os cálculos consideram que o produto ocupa em média 30% da secção da calha. Com o algodão em caroço, devido à forma diferente da calha e fluidez diferente da matéria fibrosa, os cálculos são diferentes.

A capacidade de transporte em peso (toneladas/h) depende da capacidade em volume e da densidade do produto a transportar. Pode ser calculado com a seguinte formula:

$$Capacidade\ em\ peso\ (t/h) = 0.0133 \times diametro^3\ (dm) \times RPM \times Densidade\ (t/m^3)$$

As densidades consideradas para os cálculos são:

- Caroço: 0.45 toneladas por metro cúbico
- Resíduos: 0.18 toneladas por metro cúbico

Para dimensionar um transportador de rosca:

- Considerar primeiro o fluxo de matéria a ser atendido (t/h)
- Calcular o fluxo a transportar em volume pela seguinte formula:

$$Fluxo\ em\ volume\ (m^3/h) = Fluxo\ em\ peso\ (t/h) / Densidade\ (t/m^3)$$

- Escolher o diâmetro de rosca adequado para poder atender o fluxo em volume (capacidade máxima em m^3/h na Tabela 8.3).
- Determinar a velocidade mínima de rotação a ser aplicada a rosca, dividindo o fluxo de matéria a ser atendido (em volume) pela capacidade de transporte para 1 RPM.

Tabela 8.3. *Capacidade de roscas transportadoras com calha (carga = 30% da secção)*

Diâmetro da rosca (pol.)	Diâmetro da rosca (decímetro)	Rotação máxima (RPM)	Capacidade para 1 RPM (m3/h)	Capacidade máxima (m3/h)	Capacidade máxima caroço (t/h)	Capacidade máxima resíduos (t/h)
10	2.54	100	0.22	21.8	14.7	5.9
12	3.05	90	0.38	34.0	22.9	9.2
14	3.56	85	0.60	51.0	34.4	13.7
16	4.06	80	0.89	71.6	48.3	/
18	4.57	76	1.27	96.8	65.3	/

A potência absorvida varia com o diâmetro e comprimento da rosca, e densidade do produto transportado. Para os transportadores dispostos horizontalmente, a potência pode ser calculada pela seguinte formula simplificada:

$$Potência\ (CV) = k / 101 \times fluxo\ de\ matéria\ (t/h) \times Comprimento\ (m)$$

Com k = 0.9 para o algodão em caroço e 1.5 para os resíduos.

Figura 8.24.*Fita transportadora.*
(Foto: *Cotimes do Brasil).*

2.1.3. Vantagens e desvantagens

Vantagens

- Investimento menor do que com transportadores de correia ou corrente;
- Conveniente para fluxos até 30 t/h e para comprimento até 25 m.
- Espaço ocupado 2.5 menor do que espaço de uma fita transportadora.

Desvantagens

- Risco de quebras do caroço;
- Potência consumida 3 vezes maior do que a potência de uma fita e 2.5 vezes maior do que a potência de um transportador de corrente;
- Difícil de limpar, ou seja, pouco compatível com produção de sementes.

2.2. Fita transportadora (esteira)

A esteira transportadora é composta de uma fita circulando em cima de um suporte de baixo atrito (plataforma de deslizamento ou roletes) e esticada entre um cilindro motor e um cilindro guia com esticador. A fita transportadora pode operar em altas velocidades e transportar produtos a longas distâncias (até 100 m na algodoeira (Figura 8.24). O custo inicial é significativo, mas a longa vida útil e o baixo consumo de energia compensam.

Figura 8.25. *Fita para elevação de caroço.*
(Foto: *Cotimes do Brasil).*

Na algodoeira, fitas transportadoras têm calhas com paredes de até 25 cm de altura. São utilizadas para transportar algodão em caroço (desmanchador de fardões móvel) e cada vez mais frequente o caroço (Figura 8.25). O melhor rendimento energético da fita comparando com a ventilação, explica o desenvolvimento do transporte por fita nas algodoeiras.

2.2.1. Descrição geral

A fita é o componente mais caro do transportador (50%). É composta de uma armação e um revestimento. A armação assegura a resistência à tração, o alinhamento lateral e a resistência aos tratamentos mecânicos. O revestimento assegura a aderência e resistência à abrasão pelo produto transportado e no lado inferior. Cada fita é definida pela tensão de serviço em geral 10% da resistência à ruptura. Tensões padrões de serviço são de 50 a 63 N/mm de largura.

Antes a armação era constituída de camadas de tecidos de fios de urdume e trama de algodão. Hoje, as fibras sintéticas são as mais freqüentes, pelas melhores características disponibilizadas:

- Melhor aderência aos revestimentos de borracha;
- Fitas de menor espessura com maior vida útil;
- Melhor resistência à flexão quando a fita passa nos tambores de extremidade;
- Características constantes independente das condições de umidade e temperatura.

Em geral os fios de urdume são de poliéster e os de trama de poliamida, mais adaptada a compressão existente nas fitas de laterais inclinados.

O revestimento é uma mistura de borracha natural (resistência a abrasão) e de borracha sintética (ausência de rachaduras com envelhecimento). Quando a fita trabalha inclinada com mais de 25°, o revestimento comporta taliscas (reta ou em V) para reter o produto.

Dois métodos são utilizados para emendar a fita, a vulcanização e o grampeamento. A vulcanização com calor (140°C) é eficiente a 100% (as emendas não constituem um ponto fraco). As emendas grampeadas chegam a uma resistência de 60 a 70% da resistência da fita, reduzindo as suas capacidades. Os grampos devem ter a mesma espessura da fita e as bordas a serem emendadas devem ser chanfradas para evitar enroscamentos.

A parte superior do suporte das fitas chatas é uma mesa de aço polido. No caso das fitas côncavas (fitas em V), o suporte é constituído de roletes inclinados dispostos de cada lado de roletes horizontais. Na parte inferior do suporte, os roletes são horizontais, ou em V invertido.

Os tambores de extremidade (movimentação e esticador) devem ter diâmetro calculado para evitar a patinagem da esteira e alto grau de flexão. O tambor de retorno esticador é importante para a centralização da fita, e por isso pode ser convexo ou ter extremidades levemente cônicas.

2.2.2. Elementos de cálculo

O tipo de esteira é definido em função de vários critérios:

- Produto a ser transportado;
- Distância de transporte;
- Desnível (ângulo máximo de 18° a 20° com uma esteira lisa);
- Velocidade e largura (as velocidades de andamento são em geral de 0.2 a 4 m/s).

A capacidade das fitas transportadoras é função da largura (m) e da altura da calha, e proporcional a velocidade de andamento (m/s). É um fluxo em volume (m^3/h).

A capacidade em fluxo de peso (toneladas/hora) de uma esteira para o transporte do caroço de algodão pode ser calculada da seguinte forma (fator de carregamento do transportador de 40% e densidade do caroço = 0.45 toneladas por metro cúbico):

Capacidade (t/h) = largura (m) x altura calha (m) x velocidade (m/s) x 692

Para dimensionar um transportador de fita:

- Considerar primeiro o fluxo em peso de matéria a ser atendido (t/h);
- Escolher na tabela 8.4 a largura e velocidade mínima de andamento a ser aplicada a fita.

Tabela 8.4. *Capacidade de fitas transportadoras no caso do caroço de algodão (toneladas métricas).*

Largura (m)	Velocidades (m/s)					
	0.25	0.5	0.75	1	1.5	2
0.20	5.2	10.4	15.6	20.8	31.1	41.5
0.25	6.5	13.0	19.5	26.0	38.9	51.9
0.30	7.8	15.6	23.4	31.1	46.7	62.3
0.35	9.1	18.2	27.2	36.3	54.5	72.7
0.40	10.4	20.8	31.1	41.5	62.3	83.0
0.45	11.7	23.4	35.0	46.7	70.1	93.4
0.50	13.0	26.0	38.9	51.9	77.9	103.8

A potência absorvida varia com o comprimento da fita, o fluxo de matéria transportada, a velocidade de andamento e desnível e densidade do produto transportado. Para os transportadores dispostos horizontalmente, a potência pode ser calculada pela seguinte fórmula simplificada (CRUZ et al. 1988):

Potência (CV) = 1.69 x [a x r x C / 367 x (3.6 x p x V + F) + F x D / 367]

a = fator de atrito e flexão. Depende do comprimento da fita;

Comprimento (m)	*5*	*10*	*20*	*40*	*50*	*80*
Fator de atrito	*6.6*	*4.5*	*3.2*	*2.4*	*2.2*	*1.9*

r = resistência ao giro do conjunto de rolos = 0.03.
C = comprimento da esteira (m).
P = peso dos elementos moveis (kg/m);

Largura fita	*300*	*400*	*500*	*600*	*800*	*1000*
Peso (kg/m)	*11*	*13*	*17*	*26*	*40*	*56*

V = Velocidade de andamento (m/s).
F = Fluxo de matéria (t/h).
D = Desnível (m).

2.2.3. Vantagens e desvantagens

Vantagens

- Baixo consumo de energia;
- Capacidade elevada;
- Manuseio suave adaptado a produtos frágeis;
- Limpeza total. Equipamento adaptado a produção de sementes.

Desvantagens

- Ocupa bastante espaço;
- Emissão de poeira;
- Eletricidade estática.

2.2.4. Regulagens, operação e segurança

Os 2 tambores devem ser paralelos e alinhados e a tensão regulada e avaliada pela importância da flexão entre 2 rolos de retorno na parte inferior.

O caroço deve ser depositado no centro da fita para reduzir o risco do caroço entrar entre a fita e o suporte. Para a mesma razão a fita não deve ser estreita demais.

O transportador de fita exige pouca manutenção. No final da safra, limpar e soltar a fita. Com regulagens conformes e manutenção adequada, a duração de vida é de 10 a 20 anos.

2.3. Transportador de corrente

O transportador de corrente é composto de uma corrente de elos portando raspadores transversais. A corrente circula numa calha de secção retangular ou trapezoidal, entre um pinhão de movimentação e um pinhão de retorno (esticador). A parte inferior da corrente e os raspadores deslizam sobre o fundo da calha, limpando-a. A matéria a ser transportada, alimentada pela parte superior do transportador, cai no fundo da calha. A matéria é empurrada pelos raspadores até o ponto de descarga. A carga e a descarga podem

Figura 8.26. *Transportador de corrente em baixo de ciclones.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

ocorrer em qualquer ponto do transportador. As capacidades variam de 20 a 200 t/h.

Nas algodoeiras brasileiras, transportadores de corrente são pouco utilizados e somente nas usinas modernas, para movimentação de resíduos. São encontrados principalmente embaixo das esteiras de desmanchadores de fardão (coleta de resíduos do desmanchador) e embaixo de baterias de ciclones (Figura 8.26).

2.3.1. Descrição geral

A calha é feita em aço de várias espessuras. A chapa do fundo, que suporte a forte abrasão deve ser mais grossa (até 6 mm) e pode ser de aço especial.

A corrente sem fim é fabricada em de aço carbono. Os raspadores de aço são soldados perpendicularmente à corrente e geralmente retos, mas podem ter formas variadas.

A movimentação se faz por pinhão montado num eixo girando em rolamentos e mancais montados nas laterais. O pinhão de retorno é montado num eixo móvel para poder regular a tensão da corrente (esticador). Um motorredutor elétrico movimenta a corrente com velocidade de 0.2 a 1 m/s.

2.3.2. Vantagens e inconvenientes

Vantagens

- Ocupa um espaço reduzido (7 vezes menos do que uma esteira de mesma vazão);
- Totalmente fechado, proporcionando um uso externo e sem emissão de poeira (caso da coleta embaixo de ciclones);
- Alimentação e descarga em vários pontos;
- Fácil manutenção.

Desvantagens

- Potência absorvida 2 a 3 vezes maior do que uma fita;
- Caro e de desgaste rápido com produtos abrasivos (o que é o caso no uso na algodoeira);
- Bastante barulhento;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRUZ J.F., TROUDE F., GRIFFON D., HEBERT J.P. **Conservation des grains en régions chaudes**, 1988. Paris, France, Ministère de la Coopération et du Développement. 545 p.

ANTHONY, W. S.; MAYFIELD, W. D. **Cotton Ginners Handbook, rev. US Department of Agriculture**, Agricultural Handbook 503, p. 1-6, 1994.

CAPÍTULO 9

UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DA ENERGIA EM ALGODOEIRAS

São diversas finalidades de uso da energia numa algodoeira, seja elétrica ou por combustíveis. Por isso, representa um dos principais itens na composição dos custos. Saber como e para que usá-la é fundamental para conservação e redução dos custos. A energia elétrica envolve uma série de conceitos a serem compreendidos: potência, fator de potência, consumo, demanda e etc. A partir disso e, com o auxilio de medidores de energia, é possível gerenciá-la conscientemente. Como combustível, a energia envolve principalmente o gás e os resíduos como fonte de calor para gestão da umidade. Está em expansão o uso de geradores de vapor como alternativa. Conservar energia é melhorar a maneira de utilizá-la. Depende da conscientização dos envolvidos. Promove-se o uso racional e eficiente da energia, em especial, com a manutenção elétrica durante e fora de safra.

Foto: Cotimes do Brasil

UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DA ENERGIA EM ALGODOEIRAS

Paulo V. Ribas
Cotimes do Brasil
Primavera do Leste-MT
paulo@cotimesdobrasil.com.br

1. Introdução

São diversas as finalidades de uso da energia numa algodoeira, seja elétrica ou por meio de combustíveis, mas sempre com custos significativos e pontos de preocupação para qualquer industrial da área. Saber como e para que usar a energia é essencial para sua conservação e redução dos custos.

O montante dos custos com energia elétrica somado com os custos do gás varia entre usinas de acordo com seus tipos, suas capacidades e modelos de processos, podendo chegar a uma média de 20 até 40% do custo de beneficiamento (Tabela 9.1). O consumo de combustível, geralmente gás (natural ou GLP), responde, em média, por 20 a 26% na composição dos custos de energia numa algodoeira (Tabela 9.2). Desta forma, fica evidente a importância da eletricidade nos processos, bem como, a necessidade de tê-la sob controle.

Tabela 9.1. *Dados de pesquisa realizada em usinas no Brasil.*

PRINCIPAIS CUSTOS DE BENEFICIAMENTO*	Usina Antiga 2 Conjuntos de 5 Descaroçadores	Usina Moderna 2 Descaroçadores (170 s)
	(%)	(%)
Pessoal	43,2	42,9
Energia Elétrica	23,5	19,9
Insumos	9,7	8,9
Gás	6,0	6,9
Outros	17,6	21,4
Total Geral de Custos	**100,0**	**100,0**
* Dados aproximados.	7	7

Fonte: *Cotimes do Brasil, 2010.*

Tabela 9.2. *Divisão percentual dos custos em energia.*

TOTAL DE CUSTOS COM ENERGIA	Usina Antiga	Usina Moderna
	(%)	(%)
Energia Elétrica	79,7	74,4
Gás	20,3	25,6
Total Geral de Custos	**100,0**	**100,0**

Fonte: *Cotimes do Brasil, 2010.*

Em muitas usinas no Brasil, as gestões da energia elétrica, da secagem e da umidade não recebem a devida consideração por parte dos responsáveis e isso tem grande impacto em custos e perdas financeiras. Cabe salientar, por exemplo, que uma secagem descontrolada pode ocasionar desperdícios e prejuízos irreversíveis à fibra. Com o controle correto da secagem, será possível evitar o gasto desnecessário de energia e o aumento dos custos, pois haverá o monitoramento para que o algodão seja secado exatamente o necessário.

Na composição do processo de beneficiamento, as etapas de descarga e alimentação do sistema com o algodão em caroço (mecânico e pneumático), o descaroçamento e a prensagem da fibra consomem a maior parte de energia elétrica da usina, podendo ultrapassar 75% de todo o consumo (Tabela 9.3). Os sistemas de transporte que utilizam potentes ventiladores, bem como, os sistemas de limpeza (AC e fibra), também registram alto consumo. Portanto, estes são os pontos que devem ser sempre considerados nos controles e cuidados com os custos de energia nas usinas. A energia utilizada para a iluminação, apesar de ser indispensável, pouco reflete nos custos gerais.

Tabela 9.3. *Exemplo da repartição de potência entre as etapas dos processos.*

Tipos de Usinas	Usina Antiga (2 conjuntos)	Usina Moderna (3 descaroçadores)
Carga Considerada	**1.443 CV**	**2.369 CV**
Etapas do Processo	**Potência Instalada (%)**	
Descarga / Alimentação (Pneumático e mecânico)	50,2	35,2
Pré-limpeza A. C.	11,0	20,3
Descaroçamento	13,9	23,8
Limpeza da fibra	4,8	5,9
Preparação e prensagem	12,4	9,5
Descarga do caroço	0,7	1,0
Outros importantes (iluminação, solda, etc.)	7,0	4,3
Total Final	**100,0**	**100,0**

Fonte: *Cotimes do Brasil, 2010.*

1.1. Custos da Energia no Brasil

As tarifas da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), órgão regulador federal, caracterizam-se por certa estabilidade nos últimos cinco anos e uma relativa diferença entre os principais estados produtores (Tabela 9.4). Apesar de a maior parte da energia ser proveniente de uma fonte renovável (hidrelétricas), não há uma segurança quanto à continuidade permanente dessas variações tarifárias.

Tabela 9.4. *Evolução do preço da energia elétrica.*

Descrição	2006	2007	2008	2009	2010
	R$/kWh	R$/kWh	R$/kWh	R$/kWh	R$/kWh
CELG-GO	0,3122	0,2935	0,2935	0,2935	0,2935
Variação		**-6,40%**	**0,00%**	**0,00%**	**0,00%**
COELBA-BA	0,3502	0,3696	0,3183	0,3266	0,3486
Variação		**5,30%**	**-16,10%**	**2,50%**	**6,30%**
CEMAT-MT	0,3050	0,3289	0,3251	0,3633	0,3648
Variação		**7,30%**	**-1,20%**	**10,50%**	**0,40%**
ENERSUL-MS	0,4192	0,3836	0,3677	0,3677	0,3644
Variação		**-9,30%**	**-4,30%**	**0,00%**	**-0,90%**
CEMAR-MA	0,3644	0,3771	0,4185	0,4113	0,4139
Variação		**3,40%**	**9,90%**	**-1,80%**	**0,60%**

Fonte: *SLC Agrícola, 2010.*

O gás GLP é um combustível fóssil de custo de produção elevado. O preço ao consumidor final não é tarifado pelo governo federal e seu valor depende de negociações do mercado e das empresas fornecedoras. A Tabela 9.5 mostra o aumento regular desse preço levantado junto às usinas, nas diversas regiões produtoras do Brasil.

T**abela 9.5.** *Variações de preços do gás GLP*

Evolução dos preços – Gás / R$ / kg				
2006	2007	2008	2009	2010
2,50	2,60	3,10	3,30	3,50

Fonte: *Cotimes do Brasil, 2010.*

Os custos com energia elétrica e gás são representativos no âmbito do custo geral de beneficiamento, seja em usinas antigas ou modernas. Levantamentos efetuados em diversas usinas no Brasil, dos mais diferentes tipos e configurações, mostram que o custo de energia elétrica varia entre R$ 4,50 e R$ 9,70 por fardo produzido, considerando as diversas variações de tarifas entre os estados. Já o custo do gás utilizado na secagem e umidificação do algodão em caroço e fibra, bem como para o uso em empilhadeiras que movimentam a produção diária, varia entre R$ 2,40 e R$ 3,20 por fardo produzido. Considerando o histórico real da cultura do algodão no Brasil, em patamares normais, estes custos passam a ser muito significativos. É mais uma razão para que a gestão da energia elétrica na usina seja eficaz nos controles e na utilização.

O preço é alto e por isso a secagem e umidificação devem ser bem desenhadas e operadas. O benefício trazido por essas técnicas, particularmente na umidificação da fibra, compensa amplamente o custo do GLP.

Para que se obtenha um bom controle e se façam melhorias contínuas na utilização da energia, deve-se medir com precisão o consumo de energia elétrica e dos combustíveis. Muitas usinas não possuem medidor de gás, por exemplo, ou não levantam diariamente os consumos. Nessas condições, a redução dos custos de produção devido à otimização do consumo de energia fica limitada.

2. Energia Elétrica

2.1. Definições

Segundo a Wikipédia, potência é a grandeza que determina a quantidade de energia concedida por uma fonte a cada unidade de tempo e é a rapidez com a qual certa quantidade de energia é transformada ou com que o trabalho é realizado.

Numa indústria de beneficiamento, existem muitos dispositivos que demandam energia elétrica para funcionar (equipamentos, máquinas, iluminação, aparelhos, etc.). Cada um destes dispositivos possui uma capacidade nominal projetada para seu funcionamento (por exemplo, 1 motor de 25 CV, 1 compressor de 15 CV, 10 lâmpadas de 1.000 watts, 1 furadeira de 1.500 watts, 1 aparelho de solda de 12.000 watts, etc.). Ao somarmos todas as potências nominais, normalmente descritas diretamente no corpo do dispositivo ou em placas de identificação, teremos o total de potência disposta para o funcionamento desta indústria. Assim, a potência instalada é a quantidade total da capacidade nominal de todos os dispositivos instalados e que demandam energia elétrica nessa indústria.

O consumo é a quantidade de energia usada para realizar um determinado trabalho, por um ou mais equipamentos conectados e que fazem parte do processo, tendo a unidade de medida expressa em kWh. O custo do consumo normalmente é variável, pois depende diretamente da frequência e continuidade de funcionamento dos equipamentos. A tarifa é estabelecida por lei federal para cada região do país e individualmente, por concessionária.

A demanda é a máxima potência utilizada nas instalações medida durante um período de 15 minutos de um determinado trabalho e é expressa em kW. Mesmo se for pouco utilizada, esta quantidade de energia deve ser fornecida continuamente pela concessionária de energia prestadora de serviço, de acordo com um contrato previamente estabelecido, conforme a legislação brasileira, entre as partes – cliente (usina) x concessionária. A quantidade da demanda a ser contratada é definida pelo profissional da área na usina e solicitada à concessionária, baseada no valor das potências instaladas e a serem utilizadas. O custo da demanda normalmente é fixo, de acordo com o que foi contratado, por um determinado tempo (sazonal). Haverá multa pesada de três vezes o valor da tarifa da demanda por kW no caso de ultrapassagem do valor contratado. A tarifa é também estabelecida por lei federal.

O fator de potência equivale à quantidade real de trabalho realizado pela quantidade de energia retirada das redes de energia em um dado período de tempo. A concessionária disponibiliza a energia que lhe foi solicitada e, caso essa energia não seja totalmente utilizada ou haja ineficiência energética de equipamentos, tecnicamente haverá um prejuízo à concessionária, devido à energia não utilizada ou desperdiçada. Portanto, a concessionária poderá cobrar, baseada em lei, sobre esse prejuízo, isto é, se o fator de potência estiver abaixo dos padrões estabelecidos de 0.92, haverá um custo, normalmente alto, para estes casos, cobrado como energia reativa (kWhr).

Muito comentado e controlado nas usinas é o período de ponta, conhecido como horário de pico, que diz respeito ao período normalmente de três horas (das 17:30/18:00 h até as 20:30/21:00 h), definido pela concessionária de energia, no qual o consumo de energia

elétrica em todo o sistema de distribuição e transmissão sofre um acréscimo elevadíssimo. Uma forma de aliviar o sistema é diminuindo os altos consumos (por exemplo, o industrial) no horário mais crítico (de ponta). Há uma normatização tarifária específica do governo federal e Aneel para o setor industrial, que minimiza as tarifas em horários normais e determina cobrança de multas elevadas (até 10 vezes a tarifa) para consumos durante o período mencionado. Muitas indústrias utilizam gerador de energia nestes horários.

Dentro da composição dos custos de energia, o consumo é a taxa que deve ter maior atenção por parte dos gerentes e proprietários das usinas. Para efetuar um controle mais afinado, é necessário levantar os históricos de consumo em faturas passadas, no mínimo de 3 anos. As concessionárias são obrigadas a disponibilizar tais informações, caso sejam solicitadas. Já a demanda medida pode variar a cada mês, embora o pagamento seja sobre o contrato, pois dependerá diretamente da forma como se dá a operação da usina. Por exemplo, se o volume de carga no momento de colocar o sistema geral em funcionamento não for manejado de forma escalonada, gradativa, o pico de demanda medido será alto e acarretará em custos e possíveis distúrbios à rede de alimentação (sobrecarga).

É importante considerar e conhecer as variantes técnicas envolvidas na composição dos custos, tais como o consumo dos equipamentos, maquinários, utensílios e acessórios que a usina utiliza ou venha a utilizar, a demanda de energia necessária e o fator de potência das instalações. Todas essas informações são disponibilizadas nas faturas de energia elétrica. Para um melhor controle, a fatura de energia da usina deveria ser destacada dos custos de energia provenientes de outros locais não relacionados, como sedes e outros setores de fazendas.

Figura 9.1. *Medidor analógico kWh.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

2.2. Medição do consumo de energia

Como não é costumeiro no Brasil, torna-se indispensável que sejam instalados medidores de energia (consumo, demanda e FP) exclusivamente para a usina (Figuras 9.1 a 9.3). Desta forma, ficará mais preciso o controle e facilitará as análises e decisões.

Para poder gerenciar eficientemente e assim reduzir o consumo elétrico da usina, é preciso medir o consumo exato, diariamente. O consumo diário deve ser registrado e as variações explicadas e justificadas pelo pessoal encarregado da produção. Neste trabalho, é indispensável envolver o pessoal técnico responsável pela manutenção da eletricidade (eletricistas, técnicos e engenheiros), colaboradores diretos ou prestadores de serviço à usina.

2.3. Conservação da energia

Conservar energia elétrica quer dizer melhorar a maneira de utilizá-la, sem abrir mão do conforto e das vantagens que ela proporciona. Significa diminuir o consumo, reduzindo custos, sem perder, em momento algum, a eficiência e a qualidade dos serviços. Conservar energia resulta também na preservação do meio ambiente, uma responsabilidade social para a qual todos devem estar atentos.

Nas usinas de beneficiamento, isto não pode ser diferente, pela razão dos custos e pela razão socioambiental. Existem diversas maneiras de conservar a energia nas usinas, simples ou complexas, com pouco ou muito investimento. Deve-se considerar o custo -benefício e o grau de dificuldade para suas aplicações.

As ações sobre a conservação de energia dependem da conscientização do produtor, proprietário, gerente, eletricista e maquinista. Para usar a energia de forma racional e eficiente, é necessário um pouco de conhecimento sobre o assunto, a fim de que se encontrem as melhores opções a respeito do processo e do funcionamento da usina.

Figura 9.2. *Medidor eletrônico (kWh, kWhr).* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

Figura 9.3. *Medidor eletrônico (kWh, kWhr, kW, fp).* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

2.3.1. Uso racional da energia

Para conservar, aplica-se também a utilização racional e inteligente de um recurso qualquer, de modo a se obter um rendimento considerado bom, adotando-se técnicas específicas para o que se busca.

Devido à necessidade de muita energia nos processos, deve-se avaliar a forma de seu uso, identificar pontos de desperdício e definir ações de melhorias, como:

- evitar o uso de dois equipamentos ao mesmo tempo quando tecnicamente somente um pode atender a necessidade (por exemplo, dois desmanchadores de fardos quando somente um pode atender à demanda);
- evitar o uso desnecessário de motores superdimensionados devido a defeitos ou avarias nos motores originais e à falta de um reserva (60 ou 50 CV no lugar de 40 CV). Pode ser uma ação provisória, mas que não se torne definitiva, pois impacta no fator de potência e eficiência do motor – motor com muita folga ou carregamento mais baixo gastará energia desnecessária e aumentará o custo (energia reativa kWhr = multa);
- facilitar o trajeto e o fluxo das matérias que circulam no processo de beneficiamento, seja algodão em caroço, fibra, resíduos ou subprodutos (fibrilha e caroço). Isto resultará em menor esforço e resistência, minimizando a necessidade de energia para esse fim;
- automatizar a alimentação e o fluxo de algodão, com o uso de sensores em torres de regulação. Haverá controle pelo ritmo do descaroçador, carga e alimentação de algodão (fardão x velocidades de desmanche). Com isso, haverá menos paradas desnecessárias, sem demandar energia excedente às operações;
- reduzir o uso excessivo de iluminação durante o dia em locais abertos e de fácil reflexão da claridade do sol. Instalar algumas telhas translúcidas.

Quanto a desligamentos gerais da usina, pesquisas realizadas pelo USDA em usinas americanas sobre os custos energéticos do início da operação e funcionamento a vazio e operação indicam que só deve ser feito se o tempo de parada exceder a cinco minutos, pois, a cada entrada em funcionamento dos equipamentos, existirá uma forte necessidade de energia, com um custo agregado. Caso contrário, não é viável desligar a usina.

Devido à necessidade do uso de mais energia para o motor poder dar a partida, recomenda-se como uso racional que, ao inicializar o sistema, os motores de alta potência sejam ligados de forma sequencial, não-simultânea, com um pequeno intervalo entre as operações para permitir a estabilização da oscilação inicial. Assim, evitar-se-á um pico maior na demanda de energia e custo maior na fatura. Outra forma de minimizar a demanda no decorrer do funcionamento é o controle da prensa dos fardos, que muitas vezes é submetida a um esforço maior para obter um fardo de maior volume, porém com exagero. Além da possibilidade de comprometer o sistema, isso terá um efeito direto na fatura.

2.3.2. O uso eficiente da energia

Com o intuito de melhorar a qualidade e eficiência de equipamentos elétricos, o governo brasileiro instituiu o Decreto Presidencial em 8 de dezembro de 1993 criando o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) e o selo (Figura 9.4) que tem por objetivo indicar os produtos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética dentro de cada categoria, proporcionando assim, a redução de custos energéticos.

Portanto, recomenda-se que, ao adquirir um novo equipamento, motor ou aparelho, seja observada a sua eficiência e a existência do selo Procel.

Falar em eficiência numa usina de beneficiamento é dizer que o processo e os sistemas estão em bom funcionamento e devidamente controlados. Para que isto ocorra, alguns objetivos são essenciais:

2.4. Manutenção elétrica

A manutenção das instalações, equipamentos ou aparelhos elétricos exige, em primeiro lugar, atenção com a segurança, coletiva e individual, além do uso de instrumentos e aparelhos apropriados. É imperativo que este trabalho seja efetuado por pessoas capacitadas e devidamente autorizadas. Para isso, existem procedimentos determinados pelas Normas Regulamentadoras 6 e 10, que tratam, respectivamente, sobre o uso dos EPI e EPC, além de ações preventivas de acidentes.

Antes de entrar em contato com qualquer equipamento, sistema ou instalação de energia elétrica, energizado ou não, emergencial ou não, o trabalho deve ser previamente planejado. Os instrumentos “Voltímetro ou Volti-amperímetro”, e “Chave Teste de Tensão” (Figuras 9.5 e 9.6) são indispensáveis nos trabalhos que envolvem instalações elétricas. Existem, porém, outros tipos de equipamentos adequados a trabalhos com energia elétrica.

Figura 9.4. *Selo Procel de conservação de energia.* (Fonte: *Eletrobras, 1993).*

2.4.1. Manutenção durante a safra

A manutenção preventiva e controlada é um importante instrumento para o bom funcionamento da usina, a redução de custos e a boa produtividade. As vantagens são diversas e consideráveis, como:

Figura 9.5. *Volti-amperímetro.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

Figura 9.6. *Chave Teste de Tensão.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

- antecipação de falhas durante o processo produtivo;
- aumento da produtividade, com diminuição de paradas por defeitos de equipamentos;
- diminuição de custos de materiais, possibilitando a programação de compras e a disponibilização antecipada de produtos;
- criação de histórico de manutenção do equipamento.

A manutenção corretiva também deve ser planejada, mesmo que de forma emergencial. Quando possível, executá-la nos horários de parada (intervalos e ponta).

2.4.1.1. Inspeção preventiva

A inspeção preventiva deve seguir uma rotina sistemática e periódica, com a finalidade de levantar informações sobre os equipamentos inspecionados, auxiliando no planejamento de ações preventivas ou até mesmo possíveis correções de pequenas anomalias durante a inspeção, que deverá ser executada pelo eletricista da usina, treinado, habilitado e conhecedor das normas de segurança.

A usina deve possuir um formulário específico para efetuar a inspeção – "Planilha de Inspeção" – e orientá-la de forma sequencial do processo (início – descarga/alimentação final – prensagem) envolvendo também as outras instalações, como iluminação, predial, de emergência, etc. Cria-se uma rota de sequência e, dentro dela, uma com os principais pontos de verificação existentes em um equipamento, como no exemplo da Tabela 9.6.

Para efetivar a inspeção de maneira mais ordenada, no formulário, a parte de automação deve ser independente da parte elétrica (GIFALI e FERNANDES, 2008-2009).

Os principais pontos de verificação sobre os equipamentos a serem analisados nas inspeções elétricas são:

- condutores, conexões e acionamentos elétricos;
- corrente elétrica por fase (medição);
- temperatura, instrumentos, limpeza e integridade;
- fixação, acoplamentos e ruídos;
- esquemas elétricos;
- válvulas de vibração;
- sinais de desgastes.

Tabela 9.6. *Modelo das rotas na planilha de inspeção elétrica.*

ALGODOEIRA _____

PLANILHA DE INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO ELÉTRICA

Frequência: ( ) Diário ( ) Semanal ( ) Quinzenal ( ) Mensal

Executante: _____ DATA: _____/_____/_____

Rota processo		**Rota Equipamento**	**Pontos de verificação**												Medição de Corrente (A) por fase			
Etapa do processo	**Equipamento**	**Itens do equipamento**	Condutores	Conexões	Disjuntores (Acion.)	Temperatura	Fixação	Ruído	Vibração	Limpeza	Condição (Integridade)	Temperatura	Outro	**R**	**S**	**T**	**N**
Descarga e Alimentação	Desmanchador	Painel de controle															
		Motor de avanço															
		Motor das roscas															
		Etc.															
		Etc.															
	Hot-Box	Motor de transmissão fita															
		Motor Ventilador Sucção															
		Etc.															
	Torre de regulação	Motor rolos dosadores															
		Etc.															
Limpeza do Algodão em Caroço	Batedor Inclinado																
	Extrator (HL)																
Descaroçamento	Rosca distribuidora																
	Alimentador																

Observações: Preencher OK = normal e N = anormal.

Fonte: *Sanden Engenharia, 2008.*

Na inspeção de condutores, conexões elétricas e acionamentos, o responsável deve verificar a existência de sinais de superaquecimento em cabos e terminais, mau contato em componentes e conexões, temperatura, vibração, ruídos estranhos, limpeza dos componentes e painéis (poeira), peças soltas, quebradas e aspectos de segurança.

Já a corrente por fase deve ser medida nos dispositivos de acionamentos instalados nos painéis e quadros elétricos. Cuidar para não provocar acidentes ou parada de equipamentos.

Nas plantas industriais, os painéis elétricos são presentes e de importância capital para o bom funcionamento da produção. A manutenção destes grupos deve seguir também a rota de inspeção, e consiste principalmente em: checagem de fixação e inspeção de conexões, limpeza, organização e medições de temperatura. Devem-se conferir também os índices de grandezas elétricas: medições de corrente (A), voltagem (V), etc.

Atualmente, com o uso da tecnologia, podem-se constatar defeitos ou anomalias com a aplicação da Termometria (Figura 9.7), através de equipamentos apropriados (Figura 9.8), com resultados satisfatórios e alta confiabilidade em sua utilização (BRITO, 2005). Como parâmetro, é utilizada a Máxima Temperatura Admissível (MTA) dos componentes, ou seja, a máxima temperatura sob a qual se permite que o componente opere. Seus valores podem ser obtidos a partir das especificações técnicas dos componentes ou junto aos fabricantes. Estes valores são baseados na norma NBR 5.410, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), tabelas de fabricantes e referências da International Electrical Commission (IEC) (Tabela 9.7).

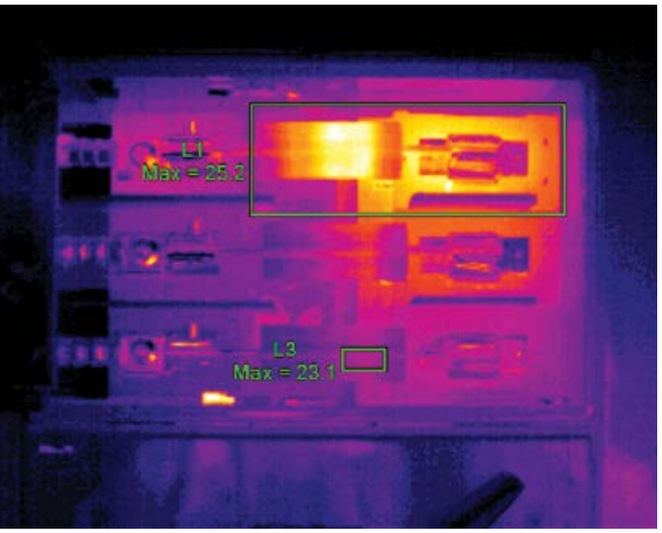


Figura 9.7. *Imagem de termometria.* (Fonte: *Fluke do Brasil, 2011).*

Figura 9.8. *Equipamento portátil termovisor, para inspeção.* (Fonte: *Fluke do Brasil, 2011).*

Tabela 9.7. *Máxima Temperatura Admissível (MTA).*

COMPONENTE INDUSTRIAL	MTA (°C)
Condutor encapado – Isolação de Cloreto de Polivinila (PVC)	70
Condutor encapado – Isolação de Borracha Etileno Propileno (EPR)	90
Condutor encapado – Isolação de Polietileno Reticulado (XLPE)	90
Régua de Bornes	70
Conexões mediante Parafusos	70
Conexões e Barramentos de Baixa Tensão	90
Conexões Recobertas de Prata ou Níquel	90
Fusível (corpo)	100
Transformadores secos	**Ponto mais aquecido**
Classe de Isolação 105	65
Classe de Isolação 130	90
Classe de Isolação 155	115
Classe de Isolação 180	140

Fonte: *Brito, 2005, P. 3.*

Para indicar a importância da falha em nível de sistema, é necessário incluir o parâmetro de "Criticidade" dos componentes dos painéis elétricos na classificação do aquecimento. Essa criticidade pode ser classificada em três classes:

- Classe 1: Quando sua falha afeta o fornecimento de energia de toda a unidade e provoca paradas de custo muito elevado.
- Classe 2: Quando sua falha causa paradas na produção, porém restritas a uma parte da unidade.
- Classe 3: Quando sua falha pode ser facilmente contornada através de manobras ou redundâncias, sem interromper a produção.

Para as medições de temperatura, faz-se a coleta de 5 medições e tira-se a sua média. A temperatura média será considerada a temperatura de trabalho e servirá como ponto de partida para a classificação dos limites de temperaturas. Após as medições e classificação da criticidade, devem-se estabelecer as ações para a correção das irregularidades, como mostra o exemplo da Tabela 9.8.

Tabela 9.8. *Ações para a correção das irregularidades.*

Classificação	Comentários
Rotina	Reparar, em conformidade com as datas do plano regular de manutenção. Pequena possibilidade de falha ou danos físicos no componente.
Intermediária	Reparar, quando possível. Verifique a possibilidade de danos físicos no componente.
Séria	Reparar o mais rápido possível. Se necessário, troque o componente e inspecione os adjacentes à procura de danos físicos. Há possibilidades de falha no componente.
Emergencial	Reparar imediatamente. Troque o componente, inspecione os adjacentes e troque-os, se necessário. É grande a possibilidade de falha no componente.

Fonte: *Sanden Engenharia, 2008.*

Os principais pontos de verificação dos equipamentos a serem analisados nas inspeções da automação são limpeza, reaperto e medições de fontes, transdutores e TC, remotas, CPU dos CLP, IHM, e botões.

Verificar a integridade física e o aperto dos sensores indutivos, magnéticos e fim de curso.

2.4.2. Manutenção fora de safra

Todos os equipamentos elétricos (motores, painéis de comando, armários, etc.) devem ser individualmente revisados durante a entressafra. Devem ser desmontados e inspecionados internamente. No caso de motores submetidos a testes de resistência de isolação, alimentação, condições do rotor, estator e outros, esta manutenção deve ser detalhada e profunda, pois dela dependerá o bom funcionamento da usina quando em operação.

Os circuitos elétricos de iluminação, lâmpadas, redes de alimentação e distribuição de energia, bem como aterramentos, devem ser inspecionados. As conexões devem ser reapertadas, reisoladas e substituídas quando apresentarem algum tipo de desgaste.

3. Material elétrico

3.1. Motores elétricos

3.1.1. Generalidades

O setor industrial demanda 43% do consumo de energia do país e, dentro desse consumo, aproximadamente 55% é demandado por motores. Da mesma forma, nas usinas de beneficiamento, quase tudo se resume a motores. O parque industrial do Brasil é formado por 85% de usinas antigas, consequentemente, há muitos motores standard, antigos, velhos, recondicionados por muitas vezes. Isto se reflete no consumo e na fatura de energia elétrica.

Atualmente, existem motores standard, motores de alto rendimento ou acima de alto rendimento. Os standard são os motores normais de desenho e engenharia antigos, com pouca tecnologia, de preço mais barato no mercado e que demandam mais energia para funcionar, com um rendimento mais baixo. Não poderão ser mais fabricados ou importados, conforme a determinação da Portaria Interministerial nº 553, de 8 de dezembro de 2005.

O motor de alto rendimento passou a ser estabelecido como padrão através da mesma Portaria. É constituído por uma tecnologia mais avançada (Figura 9.9), com maior quantidade de cobre no enrolamento do estator, chapas magnéticas de baixas perdas, melhor dissipação de calor e rendimento superior. Por conseguinte, tem menos perdas, menor entreferro; anéis especiais; rotor tratado termicamente; menor desgaste, menos manutenção e maior vida útil. O motor de alto rendimento tem a mesma potência de saída do motor standard, porém utiliza menos energia elétrica para isto, ou seja, é mais econômico (Figura 9.10).

Figura 9.9. *Estrutura do motor de alto rendimento.* (Fonte: *WEG, 2011).*

Apesar dessas definições, as indústrias de motores continuaram investindo em tecnologia e pesquisa, e já desenvolveram motores com rendimentos ainda maiores, como mostra o gráfico da empresa WEG, com os motores de nova geração.

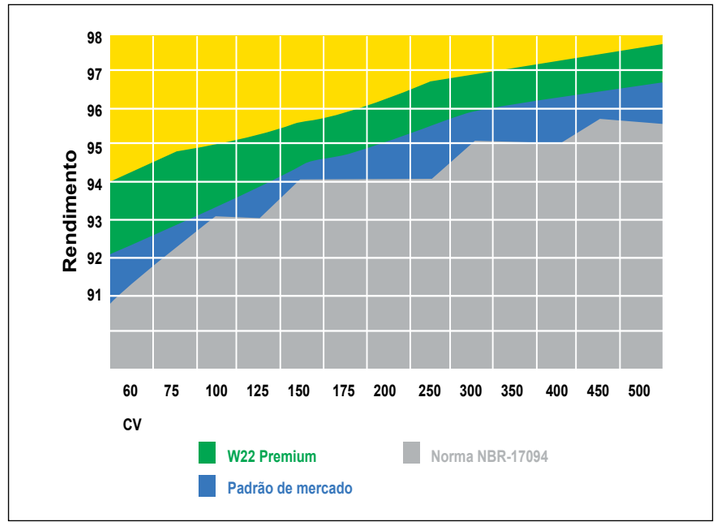


Figura 9.10. *Gráfico de exemplo para rendimento de motores.* (Fonte: *WEG, 2011).*

Portanto, quando for necessário efetuar a substituição de motores antigos, ou para novas aplicações, deve-se optar por motores que ofereçam novas tecnologias e resultem em menores custos (de alto rendimento ou superior). É importante observar que os motores possuam a etiqueta do Instituto Brasileiro de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (Inmetro), de acordo com o Decreto Federal n° 4.508, de 11 de dezembro de 2002, e conforme a norma NBR 7.094/2000, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e da National Equipment Manufacturers Association (Nema), o que é uma garantia de qualidade do equipamento.

Todo motor de alta eficiência deve possuir uma placa de identificação permanente,

que deve conter claramente o rendimento e o fator de potência nominais do motor, observados os demais requisitos definidos na norma NBR 7.094/2000, conforme a variação mostrada na Tabela 9.9.

Tabela 9.9. *Rendimentos nominais mínimos.*

		Motor de alto rendimento			
		N° de polos			
CV ou HP	KW	2	4	6	8
1,0	0,75	80,0	80,5	80,0	70,0
1,5	1,1	82,5	81,5	77,0	77,0
2,0	1,5	83,5	84,0	83,0	82,5
3,0	2,2	85,0	85,0	83,0	84,0
4,0	3,0	85,0	86,0	85,0	84,5
5,0	3,7	87,5	87,5	87,5	85,5
6,0	4,5	88,0	88,5	87,5	85,5
7,5	5,5	88,5	89,5	88,0	85,5
10,0	7,5	89,5	89,5	88,5	88,5
12,5	9,2	89,5	90,0	88,5	88,5
15,0	11,0	90,2	91,0	90,2	88,5
20,0	15,0	90,2	91,0	90,2	89,5
25,0	18,5	91,0	92,4	91,7	89,5
30,0	22,0	91,0	92,4	91,7	91,0
40,0	30,0	91,7	93,0	93,0	91,0
50,0	37,0	92,4	93,0	93,0	91,7
60,0	45,0	93,0	93,6	93,6	91,7
75,0	55,0	93,0	94,1	93,6	93,0
100,0	75,0	93,6	94,5	94,1	93,0
125,0	90,0	94,5	94,5	94,1	93,6
150,0	110,0	94,5	95,0	95,0	93,6
175,0	132,0	94,7	95,0	95,0	
200,0	150,0	95,0	95,0	95,0	
250,0	185,0	95,4	95,0		

Fonte: *Governo Federal, dez. 2005, Tb 1, p. 2.*

3.1.2. Comparações e vantagens

Os motores de alto rendimento custam mais do que os da linha padrão, entretanto essa diferença é rapidamente amortizada pela economia de energia elétrica e redução dos custos de manutenção (GIFALI, 2008-2009).

Tabela 9.10. *Comparativo custo x benefício (motor de 20 CV, 1.800 RPM).*

MOTOR STANDARD		MOTOR A.R.
R$	Preço de compra	+ 31%
Sim	Obedece à norma NBR 7.094	Sim
89,8%	Eficiência	92,4%
8.000 h	Uso anual	8.000 h
0	Economia anual de energia	3.703 kWh
0	Retorno do investimento	11,7 meses

Fonte: *Sanden Engenharia, 2008.*

3.1.3. Diferença de polos dos motores

Os motores de indução possuem características diversas, dentre as quais o número de polos. Quando uma carga é colocada no eixo do motor, o rotor reduz a sua velocidade, aumentando o escorregamento (GARCIA, 2003). Segue-se uma sucessão de eventos: aumenta a velocidade com que o campo magnético corta as barras do rotor, aumenta a corrente do rotor, aumenta o campo magnético gerado pelo rotor, diminui o campo magnético total, aumenta a corrente no estator e aumenta a potência elétrica fornecida ao motor. O motor, portanto, se autorregula para atender à carga no eixo: se aumenta a carga, diminui a rotação, aumenta a corrente do motor e aumenta a potência elétrica fornecida.

Dependendo da forma como são dispostas as bobinas do estator, podem-se formar apenas dois pólos, um norte e um sul, ou quatro, seis, oito, para citar os mais comuns, como mostra a Figura 9.11 (ibid.).

Quando, então, a corrente de alimentação completa um ciclo (1/60 Hz = 16,7 ms), o campo vai de "norte a norte". Em um segundo, o campo no motor de 2 polos dá 60 voltas, no de 4 polos 30 voltas, no de 6 dá 20 voltas, e assim por diante, o que corresponde a 3.600, 1.800 e 1.200 rpm (rotações por minuto).

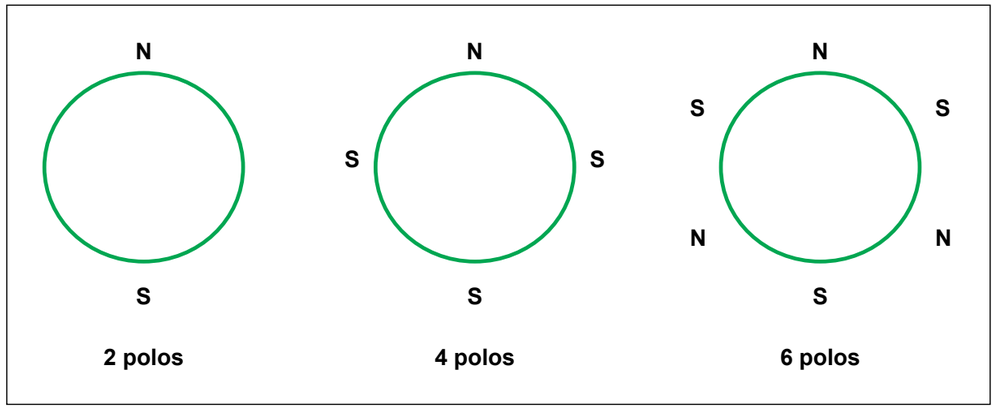


Figura 9.11. *Polaridade de um motor de indução.*
(Fonte: *Garcia, 2003, p. 51).*

3.2. Armários de comando e painel de controle

Os painéis elétricos devem ser alvo de manutenção periódica, porque todo contato e conexão elétricos são potencialmente propensos a defeitos e a desperdício de energia. Um painel elétrico necessita também ser organizado, tendo seus componentes identificados, a fim de evitar acidentes. Deve também ser protegido contra pessoas desavisadas, sendo identificado com símbolos e avisos adequados.

Nas usinas de beneficiamento, onde normalmente há uma propagação grande de poeira, o funcionamento de componentes elétricos e a longevidade deles dependem muito da proteção contra a poeira. Instalar armários numa sala fechada e com aces-

Figura 9.12. *Sala de armários elétricos.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

Figura 9.13. *Painel de controle moderno.* (Foto: *Cotimes Afrique, 2011).*

so restrito, com boa ventilação ou condicionamento de ar, é uma boa medida (Figura 9.12). Armários instalados na frente ou ao lado do conjunto de beneficiamento das usinas antigas apresentam problemas de segurança (incêndio, choque) e ficam num ambiente sujo, propensos a defeitos elétricos e perdas de produção.

Painéis de controle devem ser instalados na frente dos conjuntos, com uma distância suficiente para o operador ter uma vista ampla da operação em boas condições técnicas e de segurança (Figura 9.13). As aberturas devem ter boa vedação, para evitar ao máximo a entrada de poeira.

Relembrando, conforme comentado no capítulo 11 - manutenção deste Manual ressaltamos que cuidar dos quadros elétricos consiste principalmente em: reapertar e inspecionar as conexões, cuidar da limpeza e da organização de equipamentos e locais de trabalho, checar a temperatura dos aparelhos e conferir os índices das grandezas elétricas (medições).

4. Combustíveis

Nas usinas de beneficiamento, é comum o uso de combustíveis para geração de calor, com o objetivo de secar o algodão em caroço e também umidificar a fibra ou o algodão em caroço.

Na maioria das usinas do Brasil, a secagem do algodão utiliza o gás (GLP), porém está em expansão o uso de caldeiras geradoras de vapor, que utilizam madeira ou casca (resíduo) de algodão como combustível.

4.1. O gás líquido GLP

O Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) é uma mistura de gases de hidrocarbonetos utilizada como combustível em aplicações de aquecimento (como queimadores, aquecedores, fogões) e veículos. É um combustível fóssil extraído da terra, ou seja, do meio ambiente. Comporta, portanto, uma responsabilidade socioambiental inerente às atividades do beneficiamento. Da mesma forma que a energia elétrica, o uso do gás necessita de acompanhamento e controles, pois, além da natureza socioambiental, implica em custos razoáveis que, em média, podem chegar a 8% do custo de beneficiamento.

4.2. Uso racional do gás nas usinas

Fatores provenientes do ambiente (localização, altitude em relação ao nível do mar, clima predominante) ou de construção e montagem do processo (desenho, dimensionamento e comprimento das tubulações, tipo de equipamento, tamanho do processo, entre outros) devem ser considerados para determinar parâmetros específicos de cada usina referentes às necessidades de temperatura para secagem e umidificação, condicionando o dimensionamento do queimador e a quantidade de gás para estes fins.

O bom dimensionamento e o estado dos equipamentos como queimadores, bicos, válvulas, sensores, controladores e a boa vedação do sistema pneumático são a base da conservação e eficiência no uso do gás em uma usina. Os ajustes devem obedecer às orientações dos fabricantes, bem como os parâmetros de funcionamento. A automação do processo e os displays instalados no painel de controle do processo contribuem muito para a eficiência, combinada a um custo mínimo.

Nas usinas de tipo antigo, os sistemas de gás são geralmente montados e adaptados de forma incompleta ou muito simples, sem automações ou condições de segurança adequadas. É um problema que impacta nos custos e na eficácia. Controladores e displays longe da visão do operador da usina, sistema manual de operação do gás, queimadores inadaptados (canhão), regulação não-proporcional de chama, falta de medidores de consumo e de isolamento de tubulações e equipamentos são comuns. As usinas modernas, apesar de possuírem um índice mais acentuado de automação, muitas vezes também apresentam essas faltas.

Devem-se evitar desperdícios e eventuais perdas de qualidade dos produtos, portanto uma instalação de secagem e umidificação utilizando o gás como combustível precisa obedecer às regras de desenho e operação, quais sejam:

- Dimensionar o queimador de tipo cortina;
- Automatizar a regulagem da chama, para queimar somente a quantidade de gás necessária;
- Operar válvulas de gás, eletricamente e proporcionalmente;
- Instalar comandos e displays no painel de controle;
- Isolar as tubulações de ar quente e ar úmido.

No processo de secagem, a isolação da torre de secagem é eficaz na conservação e aproveitamento da energia consumida. Pesquisas indicam que por volta de 30% da perda de calor nos sistemas de secagem por irradiação e convecção podem ser reduzidos pela cobertura do secador e das tubulações de ar quente com isolante térmico. O isolamento (manta de 2 polegadas de espessura, de fibra de vidro ou de rocha) é relativamente barato e pode ser instalado pela equipe de beneficiamento. O dinheiro gasto em combustíveis para a secagem pode ser reduzido em torno de 25%, com o isolamento apropriado.

Na umidificação da fibra na bica, é interessante isolá-la externamente para diminuir o esfriamento do ar e assim aumentar a eficiência da troca de vapor de água entre o ar e a fibra.

É importante ter em mãos as orientações dos fabricantes e contar com pessoal capacitado para essa função.

4.3. Caldeiras e vapor

Com relação ao uso de caldeiras (figura 9.14), trata-se de uma prática que está em difusão no Brasil e em plena expansão, porém ainda não há estudos conclusivos sobre sua utilização na atividade algodoeira. Apresenta algumas vantagens e desvantagens a título de custos e controles relacionados ao uso de gás e sobre a preservação do meio ambiente.

Figura 9.14. *Caldeira utilizada na algodoeira.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2009).*

Vantagens:

- Custo operacional baixo, por usar combustíveis produzidos pela algodoeira (resíduos do beneficiamento);
- Minimiza os problemas de poluição com lixo e resíduos na área externa da usina;
- Produz vapor de água que pode ser aproveitado, sob certas condições, para secar e umidificar o algodão.

Desvantagens:

- Investimento alto, no caso de um equipamento de qualidade;
- Segurança com relação a ter uma fonte de fogo dentro da área da usina;
- Segurança com relação a risco de explosão;
- Tempo de reação do sistema longo demais para uma automação pelo fluxo de vapor;
- Deficiência dos fabricantes, para automação da secagem e umidificação; e para o dimensionamento dos trocadores de calor, por desconhecimento técnico nas áreas de pneumática e beneficiamento.

O principal interesse das caldeiras é substituir o consumo de gás (custo) na secagem e umidificação, pela queima de resíduos vegetais do processo de beneficiamento e, principalmente, cascas e caules de algodão coletados nos extratores. Para melhor rendimento e menos resíduos de combustão, a casquinha deve ter o mínimo de contaminação com sujeira fina (casca limpa). Deve-se evitar a mistura de resíduos dos extratores com os dos batedores ou alimentadores.

O uso de trocadores de calor (radiadores) para secar pode prejudicar muito a sucção, a alimentação e o desempenho dos processos de beneficiamento caso sejam mal dimensionados ou projetados. É muito frequente encontrar trocadores de calor subdimensionados, com colmeias apertadas demais, que abafam totalmente a sucção. A perda de produção, aliada a uma secagem insuficiente, gera perdas muito maiores do que o gasto de gás por um sistema bem desenhado e manejado.

O uso de vapor para umidificar é eficiente, desde que tenha um sistema bem dimensionado e desenhado para levar quantidade suficiente de água em contato com a fibra, sem gerar condensação. O investimento em umidificação por caldeira deve incluir a isolação de tubulações e um sistema de aquecimento de ar com trocador bem dimensionado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRITO, J. N.; FILHO, P. C. M. L; ALVES, P. A. S. **Implantação do Programa de Manutenção Preditiva de Painéis Elétricos através da Análise Termoelétrica**. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA E INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS, 11., 2005, São João del Rei-MG. **Anais...** São João del Rei-MG: [s.n.], 2005. p. 2-8.

ELETROBRAS. **Criação e instituição do Selo PROCEL.** Disponível em: <www.eletrobras.gov.br/EM_Programas_Procel>. Acesso em: 10 ago. 2011.

FERNANDES, M. C. **Manual para eletricista de manutenção de algodoeira.** Apresentação SANDEN – Projeto ABAPA de Treinamento em Beneficiamento de Algodão no Estado da Bahia. Luiz Eduardo Magalhães -BA, p.10-13, 2008/2009.

GARCIA, A. G. P. Planejamento energético – impacto da Lei de Eficiência Energética para Motores Elétricos no Potencial de Conservação de Energia na Indústria, **Planejamento Estratégico,** Rio de Janeiro: UFRJ, p. 50-51, 2003.

GIFALI, F. G. **Automação e economia de energia.** Apresentação SANDEN – Projeto ABAPA de Treinamento em Beneficiamento de Algodão no Estado da Bahia. Luiz Eduardo Magalhães-BA, 2008/2009, slide 42.

GOVERNO FEDERAL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Portaria Interministerial no 553, de 8 de dezembro de 2005. Disponível em: http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/conselhos_comite/cgiee/Portaria_Interministerial_nx_553_2005.pdf. Acesso em: 10 ago. 2011.

CAPÍTULO IO
AUTOMAÇÃO NA ALGODOEIRA

A indústria de processos perde muito de sua produção com paradas repentinas ou problemas na qualidade. Um dos meios para evitar estas perdas e garantir maior regularidade na produção é minimizar a intervenção humana nos processos, ou seja, automatizar. A automação refere-se a qualquer dispositivo que permita que as máquinas ou instalações operem automaticamente. Estes sistemas consistem em duas partes principais: operatória e comando, complementados pelo painel de controle. Na algodoeira os principais pontos de automação são voltados para a alimentação e regulação do fluxo de algodão em caroço, detecção e prevenção de embuchamentos e prensagem da fibra até a embalagem do fardo, e segurança. A utilização de um autômato industrial aliado a práticas adequadas de gestão dos equipamentos traz benefícios inestimáveis à indústria.

Foto: Cotimes do Brasil

Marcel Houindonou
Cotimes Afrique
Cotonou, Benin
marcel.houindonou@cotimes-afrique.org

Marcellin Akpoué
Cotimes Afrique
Cotonou, Benin
akpoumar@cotimes-afrique.org

AUTOMAÇÃO NA ALGODOEIRA

1. Introdução

Em 2007, o grupo ABB estimou que a indústria mundial dos processos perde, anualmente, 20 bilhões de dólares (TERWIESCH et al., 2007), ou seja, cerca de 5% de sua produção, devido a paradas súbitas ou problemas de qualidade.

A identificação dos incidentes muitas vezes é demorada. Falhas parciais ou completas da unidade de produção têm como consequências a indisponibilidade da máquina, a perda de produtividade e o aumento do custo de produção. Um dos recursos para garantir maior eficiência, regularidade e precisão, em termos de produção junto com a máxima economia de meios, é a implementação de mecanismos que minimizam a intervenção humana nos processos.

A automação visa melhorar a produtividade, qualidade, segurança e outras variáveis que influenciam a rentabilidade de uma unidade de produção. Apesar de suas vantagens, ainda é relativamente pouco utilizada nas algodoeiras do Brasil. Somente as instalações modernas e de alta capacidade, que não podem ser operadas com eficiência sem automação, são automatizadas. As usinas antigas ou de tecnologia antiga são controladas manualmente, com muitos funcionários e alto consumo de energia. As possibilidades de automatizá-las são limitadas.

2. Definição e estrutura de um sistema automatizado

É chamado de automação qualquer dispositivo que permite que as máquinas (ou instalações) operem automaticamente, ou seja, com a mínima intervenção humana. O controle automático está presente em todos os setores (têxtil, automotivo, aeronáutica, naval, alimentos, cimento, etc.), em máquinas e aplicações industriais. Sistemas automáticos podem ser simples ou complexos e mobilizam tecnologias diversas (mecatrônica, eletrônica, pneumática e hidráulica).

Um sistema automatizado consiste em duas principais partes: operatória e comando. É complementado por uma terceira parte, a relacional, que é o painel de controle.

2.1. Parte operatória

A parte operatória é também chamada de parte potência. É o conjunto dos equipamentos destinados a executar as ações necessárias para as quais o sistema foi desenhado. O dispositivo é composto de:

- máquina ou processo a operar, que efetua ordens emitidas pelos atuadores (elevadores, moedor, transportador, prensa);
- atuadores, que são os órgãos que permitem ao processo executar a ação física desejada (motores, cilindros hidráulicos). Recebem ordens do autômato;
- Sensores, que têm como função comunicar as informações sobre o estatuto do processo (botões, sensores de umidade, de posição, de presença e de pressão) à parte de comando.

2.2. Parte de comando

A parte de comando é também conhecida como autômato (Figura 10.1). Esse é o equipamento de automação, que fornece a parte operativa, ou seja, os comandos necessários para a execução das ações. A parte de controle compõe-se do seguinte:

- Unidade de processamento da informação: É a parte que se desenvolve e gera as ordens, baseada nas instruções dadas pelo homem e nas informações recebidas dos sensores. Estes sinais recebidos dos sensores ou enviados para os atuadores são analógicos (ligado/desligado) ou digitais (variação contínua). A unidade de processamento é o "cérebro" do sistema automatizado, denominada Controlador Lógico Programável (CLP);
- Interfaces e pré-atuadores: A unidade de processamento, sensores e atuadores pode se constituir de tecnologias diferentes ou operar em níveis de energia diferentes. As interfaces são utilizadas para adaptar os diferentes sinais antes de conectar os órgãos entre si;
- Pré-atuadores: São interfaces de comando de potência (amplificador de sinal) que conectam a unidade de processamento aos atuadores (contatores elétricos, blocos hidráulicos).

Figura 10.1. *Autômato CLP.*
(Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

Figura 10.2. *Painel de controle de prensa.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

2.3. Parte do painel de controle

A parte do painel de controle é também chamada de interface homem-máquina (Figura 10.2). É o dispositivo de troca de informações entre o homem e a máquina, composto por:

- Auxiliares de controle manual, para a emissão de ordens para a máquina (ou processo), através da unidade de processamento: botões, interruptores, computadores e teclados;
- Auxiliar de sinalização, para o relatório de execução da máquina ao homem através da unidade de processamento: luzes, sirenes, gravadores, telas, etc.
- Sistema de supervisão, que oferece uma visão geral de todo o sistema, registra eventos operacionais no processo e emite relatórios.

2.4. Relações entre as várias partes de um sistema automatizado

A Figura 10.3 mostra a estrutura geral de um sistema automatizado e as relações entre suas várias partes.

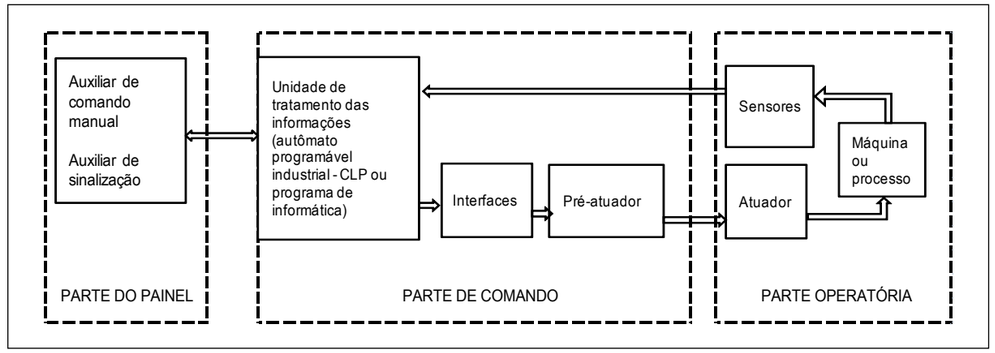


Figura 10.3. *Estrutura de um sistema automatizado.* (Fonte: *Cotimes Afrique, 2011).*

3. Os principais pontos de automação na algodoeira

3.1. Alimentação e regulação do fluxo de algodão em caroço

3.1.1. Controle de aspiração

O controle do fluxo de algodão na algodoeira é fundamental para garantir o funcionamento regular e o desempenho máximo de todas as máquinas do processo[1]. A regulação automática da velocidade de andamento do desmanchador de fardão e da esteira lateral, em função do nível de algodão na caixa de sobra (sensores de fim de curso altos e baixos), é frequente nas usinas modernas, mas tem desempenho limitado.

A regulação automática em cascata com sobra automática, torre de regulação e desmanchador de fardões permite a alimentação homogênea. A torre de regulação e a sobra estão interligadas de maneira a reduzir a rotação dos rolos dosadores da torre de regulação quando a sobra estiver cheia. O nível de algodão na torre de regulação comanda o desmanchador de fardões. A automação é bastante simples, baseada em sensores do tipo fim de curso e atuadores do tipo motorredutores.

As usinas antigas, que regulam a alimentação manualmente (pelo grito), sofrem muitas anomalias de funcionamento. A falta de alimentação do último descaroçador do conjunto (de 10 a 15% de perda de produção) ou excesso de sobra (muitas vezes, com recirculação do algodão em caroço pela pré-limpeza) podem ser evitados pela automação em função do número de descaroçadores que estiverem efetivamente produzindo.

3.1.2. Regulação automática no alimentador de descaroçador

A densidade de rolo de algodão em caroço no descaroçador é um fator determinante do descaroçamento. Uma densidade variável resulta numa variável qualidade da fibra, portanto os descaroçadores modernos estão equipados com um sistema para manter uma densidade de rolo constante e de levantar o peito, caso a alimentação seja insuficiente (Figura 10.4). Em geral, a informação sobre a densidade do rolo é derivada da corrente do motor do eixo de serras. É enviada para a unidade central de processamento (CLP), que se comunica com o operador, que, por sua vez, age sobre os rolos dosadores do alimentador de maneira a ajustar o fluxo de entrada no descaroçador. O sistema funciona bem e é indispensável nas usinas modernas.

Em caso de densidade que permanece insuficiente, o peito levanta automaticamente, até o fluxo de algodão no sistema voltar a ser suficiente para alimentar os descaroçadores.

[1] - A este respeito, conferir a Parte 6 deste Manual.

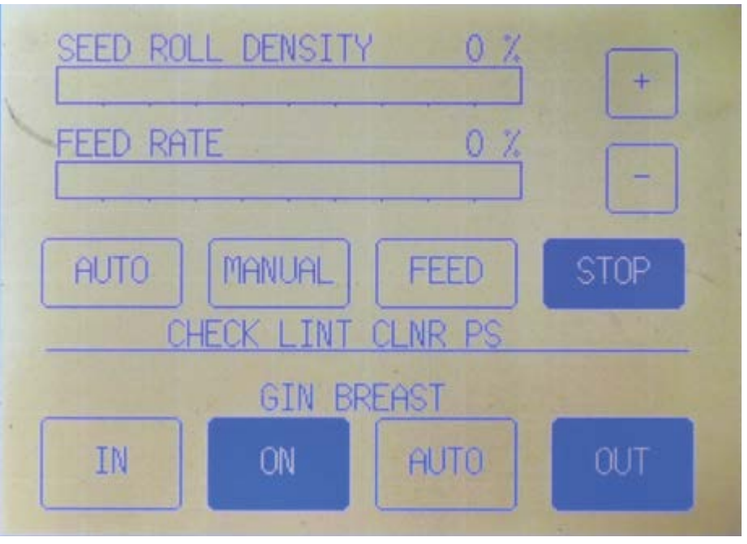


Figura 10.4. *Interface de controle da alimentação do descaroçador.* (Fonte: *Cotimes Afrique, 2011).*

3.1.3. Detecção automática de embuchamento do limpador de pluma

É possível instalar no limpador de pluma um limitador de torque que fecha quando o limpador estiver com embuchamento. O fechamento do fim de curso provoca o levantamento do peito do descaroçador da linha. No caso de embuchamento em todos os limpadores de pluma, abre-se automaticamente uma válvula de ar livre, que bloqueia automaticamente a sucção.

3.1.4. Controle de embuchamentos no condensador geral

Várias técnicas de detecção podem ser utilizadas para limitar a importância e a gravidade do embuchamento:

- Detecção por fotocélula da passagem da fibra no condensador. Ao detectar um acúmulo de fibra no condensador geral, os peitos dos descaroçadores levantam;
- Também se pode detectar embuchamento no condensador utilizando um sensor amperímetro. No caso de acúmulo de fibra e embuchamento do condensador, a intensidade da corrente do motor aumenta. Um nível predefinido provoca o levantamento dos peitos dos descaroçadores;
- O acúmulo de fibra no condensador provoca aumento de pressão estática. Um detector de pressão pode comandar o levantamento dos peitos dos descaroçadores.

Observa-se que, a cada vez que os peitos dos descaroçadores levantam, a válvula de ar livre na sucção se abre para impedir a entrada de algodão adicional no circuito.

3.2. Prensagem da fibra[2]

3.2.1. Automação do calcador

A automação do calcador é importante para a operação da prensa com máxima segurança, eficiência e homogeneidade do peso dos fardos. Permite garantir:

- a sincronização do movimento do calcador com o carregador de fibra: O empurrador ou alimentador de fibra só pode jogá-la na caixa de pré-compressão quando o calcador estiver na posição alta. Esta posição é detectada por um fim de curso. Uma vez que a fibra é introduzida embaixo do calcador (posição do empurrador conferida por fim de curso, por exemplo), a movimentação do calcador é liberada.
- o controle da quantidade de fibra na pré-compressão: Um amperímetro com limite predefinido medindo a intensidade do motor do calcador permite estimar a quantidade de fibra na caixa de pré-compressão. Este sistema permite conseguir pesos de fardos mais homogêneos. É interessante ressaltar que, com a umidificação da fibra antes da entrada na caixa, o sistema permite produzir fardos de peso maiores sem alteração de regulagem, pela maior facilidade de prensar a fibra úmida.

Quando a caixa está com a quantidade de fibra determinada (limite de corrente do motor do calcador atingida), o autômato manda parar a movimentação do carregador e o calcador para em posição alta.

A operação do calcador é dependente da prensa. Só pode se movimentar se ela estiver trancada em posição alinhada com a estrutura.

3.2.2. Prensagem do fardo

Quando a caixa estiver cheia, é girada para a compressão final. Só pode girar se o calcador estiver parado em posição alta.

3.2.3. Embalagem do fardo

Após a aramação o fardo é automaticamente ejetado da prensa e cai em cima de um carrinho, que o desloca até a ensacadora. A chegada do fardo é indicada por um fim de curso, liberando o pistão que empurra o fardo para o saco e balança.

Várias funções da prensagem podem ser automatizadas nas usinas antigas[3], a fim de evitar perda de produção, acidentes com os operadores e conseguir pesos de fardos mais homogêneos.

[2] - Noções e recomendações para a automação das prensas modernas e antigas encontram-se na Parte 7 deste Manual.
[3] - A este respeito, confira a Parte 7 deste Manual.

4. Vantagens dos sistemas automatizados

A implementação de um projeto industrial pode ser dividida em quatro etapas principais:

- Os estudos de desenho, engenharia e definição de fabricação;
- Os elementos constitutivos, fiação elétrica ou programação;
- Os testes, *start-up*, eventuais alterações;
- A operação, manutenção e solução de problemas.

Do ponto de vista econômico, em cada uma dessas etapas, a automação pode trazer uma economia significativa. Entre outros, podemos salientar:

- Redução do tempo de estudo, por maior facilidade de compreensão e abordagem rigorosa;
- Simplificação da fiação reduzida ao seu mínimo, pelo uso de módulos pré-conectados e redução do risco de erro;
- Facilitação dos testes, pela análise e simulação de todos os comportamentos da automação, e fáceis modificações;
- Rapidez dos eventuais consertos, com cada passo definido com ordens e sinais claros;
- Aumento da produtividade: os rendimentos obtidos por um processo automatizado são significativamente superiores aos do processo manual, porém não é possível definir uma média em torno da qual gira o aumento, pois isso depende do processo que foi automatizado.

5. Conclusão

Historicamente, a automação (Quadro 10.1) progrediu bastante, em todos os segmentos da indústria. O papel da automação industrial permanece importante, pois os sistemas automatizados ocupam e controlam muitos setores das economias modernas.

Hoje, na indústria, o processo de automação se tornou indispensável, pois executa, todos os dias, os trabalhos mais difíceis, repetitivos e perigosos que antigamente eram efetuados pelo ser humano. Frequentemente, os sistemas automatizados realizam ações de precisão ou rapidez, fora de alcance do ser humano.

Finalmente, é importante salientar que a utilização de um autômato industrial não é condição suficiente para aumentar a produção de uma indústria. É imprescindível, antes de qualquer coisa e como em toda aplicação industrial, definir e respeitar uma boa política de gestão e manutenção dos equipamentos.

Quadro 10.1. *Exemplo de componentes de um sistema automatizado.*

Atuadores	Energia elétrica		Motor elétrico
	Energia pneumática		Cilindro pneumático
Pré-atuadores	Energia elétrica		Interruptor elétrico
	Energia pneumática		Distribuidor (bloco) pneumático
Sensores	Informação lógica		Botões
	Medição contínua		Sensor de pressão

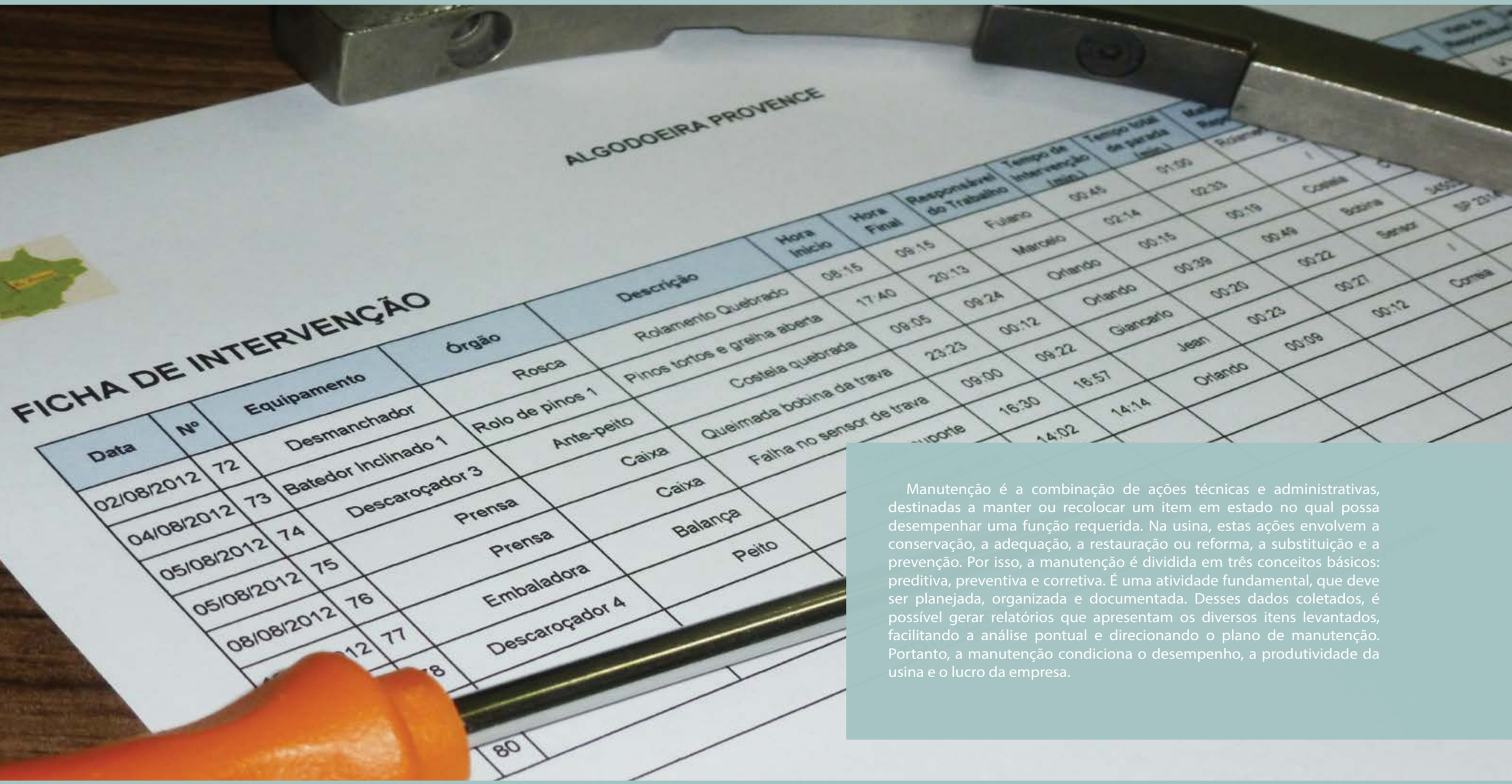
Fonte: *Cotimes Afrique, 2011.*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TERWIESCH, Peter et al. **L'homme dans la chaîne d'automatisation**. Zurich-Suisse: Ed. ABB Ltda., 2007.

CAPÍTULO II

MANUTENÇÃO NAS ALGODOEIRAS


ALGODOEIRA PROVENCE
FICHA DE INTERVENÇÃO
Data
Nº
Equipamento
Órgão
Descrição
Hora início
Hora Final
Responsável do Trabalho
Tempo de intervenção (min.)
Tempo total de parada (min.)
02/08/2012 72 Desmanchador Rosca Rolamento Quebrado 08:15 09:15 Fulano 00:45 01:00
04/08/2012 73 Batedor Inclinado 1 Rolo de pinos 1 Pinos tortos e greiha aberta 17:40 20:13 Marcelo 02:14 02:33
05/08/2012 74 Descaroçador 3 Ante-peito Costela quebrada 09:05 09:24 Orlando 00:15 00:19
05/08/2012 75 Prensa Caixa Queimada bobina da trava 23:23 00:12 Orlando 00:39 00:49
08/08/2012 76 Prensa Caixa Falha no sensor de trava 09:00 09:22 Giancarlo 00:20 00:22
12 77 Embaladora Balança 16:30 16:57 Jean 00:23 00:27
8 Descaroçador 4 Peito 14:02 14:14 Orlando 00:09 00:12
80

Manutenção é a combinação de ações técnicas e administrativas, destinadas a manter ou recolocar um item em estado no qual possa desempenhar uma função requerida. Na usina, estas ações envolvem a conservação, a adequação, a restauração ou reforma, a substituição e a prevenção. Por isso, a manutenção é dividida em três conceitos básicos: preditiva, preventiva e corretiva. É uma atividade fundamental, que deve ser planejada, organizada e documentada. Desses dados coletados, é possível gerar relatórios que apresentam os diversos itens levantados, facilitando a análise pontual e direcionando o plano de manutenção. Portanto, a manutenção condiciona o desempenho, a produtividade da usina e o lucro da empresa.

Foto: Cotimes do Brasil

MANUTENÇÃO NAS ALGODOEIRAS

Paulo V. Ribas
Cotimes do Brasil
Primavera do Leste-MT
paulo@cotimesdobrasil.com.br

Jean-Luc Chanselme
Cotimes do Brasil
Cascavel-PR
jean@cotimesdobrasil.com.br

1. Introdução

Manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em estado no qual possa desempenhar uma função requerida. Torna-se mais relevante para a operação de organizações mais complexas, como, no caso, as usinas de beneficiamento, na medida em que se preza pela confiabilidade e previsibilidade da operação ou produção. Esses cuidados envolvem a conservação, a adequação, a restauração ou reforma, a substituição e a prevenção. Por exemplo: Quando mantemos as engrenagens lubrificadas, estamos conservando -as; quando estamos trocando o plugue de um cabo elétrico, estaremos substituindo-o por um novo, adequando-o; quando efetuamos uma reforma em um imóvel, estamos restaurando-o ou reformando-o, pelo efeito do tempo; quando estamos isolando a emenda de um fio, estamos prevenindo-o de um curto-circuito.

1.1. Definições

A manutenção é dividida em três conceitos básicos que devem ser observados: manutenção preditiva, preventiva e corretiva.

Convém salientar que a primeira ação da manutenção é a *limpeza*. A limpeza geral do ambiente e dos equipamentos é um fator que facilita a manutenção, influencia diretamente na organização dos trabalhos, na imagem da empresa, na motivação das pessoas, e pode afetar a qualidade dos produtos. O ambiente deve ser limpo e organizado, dentro e fora da usina.

Figura 11.1. *Inspeção visual nos equipamentos.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2009).*

1.1.1. Manutenção preditiva

É o acompanhamento periódico dos equipamentos, baseado na análise de dados coletados através de monitoração ou inspeções em campo. As técnicas de monitoramento na preditiva, ou seja, baseadas em condições, incluem: monitoramento de processo e inspeção visual (Figura 11.1), entre outras. O uso de *check-lists* é uma ferramenta importante na manutenção preditiva.

1.1.2. Manutenção preventiva

Manutenção preventiva é uma manutenção planejada, que previne a ocorrência corretiva. Seus programas mais constantes são: reparos ou reformas, lubrificação, ajustes e recondicionamentos de máquinas, para toda a planta industrial. O denominador comum para todos estes programas é o planejamento.

1.1.3. Manutenção corretiva

Trata-se de uma manutenção não-periódica que variavelmente poderá ocorrer. Possui suas causas em falhas e erros, que normalmente os equipamentos dispõem nesta instância. Trata da correção dos danos atuais e não-iminentes.

Toda ação de manutenção deve ser conduzida com segurança e máxima atenção do pessoal envolvido, com total respeito dos princípios e normas de segurança (máquinas desligadas, uso de EPI, etc.).

Um bom plano de manutenção deve ser uma premissa de qualquer gerência de usina, de forma a evitar ou reduzir perdas de tempo durante a safra. A algodoeira deve estar devidamente em condições de trabalho, pelo constante diagnóstico de avaliação e funcionamento dos processos e dos equipamentos, pelo planejamento muito criterioso e eficaz da manutenção preventiva das máquinas (rotina). Listas de registros de ocorrências, gestão eficiente de peças e de compras, e um sistema informatizado de controle são fundamentais para uma boa gestão da manutenção.

A negligência ou a falta deste comprometimento por toda a equipe, inclusive dos proprietários, acarreta invariavelmente a manutenção corretiva, ocasionada por quebras. Com isso, acontecem os desperdícios, o retrabalho, a perda de tempo, de esforço humano e, principalmente, os prejuízos financeiros. A manutenção negligenciada diminui a produtividade, a qualidade e o lucro.

As grandes perdas por falta de manutenção numa usina ocorrem, na maioria das vezes, por:

- desgaste dos equipamentos;
- operação a vazio (espera);
- defeitos de produção (qualidade);
- imperícia;
- queda de produtividade.

O papel do gerente é relevante para o planejamento e a manutenção da usina, pois lhe cabe desenvolver dispositivos e documentos que possibilitem dirigir e difundir ações, coletar dados, analisá-los e controlar o custo e a organização para o desenvolvimento das atividades.

1.2. Pré-requisitos

Para definir e realizar um programa eficiente de manutenção durante a safra e a entressafra de beneficiamento, deve-se considerar previamente, num âmbito mais amplo, os seguintes pontos:

- O ambiente físico de trabalho (limpeza, espaço e organização);
- A segurança oferecida aos colaboradores com relação ao ambiente de trabalho, máquinas e equipamentos, disposição do processo;
- A segurança dos equipamentos com relação à disposição, estruturas de sustentação, dimensionamentos;
- Que a atividade de manutenção seja considerada essencial pela empresa, com um responsável identificado, encarregado da organização e das ferramentas;
- Que os trabalhos de manutenção sejam efetuados por pessoas capacitadas, experientes e responsáveis que possam, ao visualizar, identificar possíveis anomalias e anotá-las, para que se tomem providências;
- Que as ferramentas e estoque de peças sejam adequados para atender à manutenção a ser realizada.

2. Manutenção preditiva e preventiva

Antes prevenir que remediar.

Evitar e prevenir as paradas, cuidando das falhas invisíveis e imprevistas, reduzirá custos de reparos e prejuízos de produção. Normalmente, as falhas invisíveis deixam de ser detectadas por motivos físicos – locais de difícil acesso ou porque estão encobertas por partes de máquinas (Figuras 11.2 e 11.3), proteções, detritos ou sujeira. Também ocorrem por motivos psicológicos quando há falta de interesse, motivação ou capacitação.

Indicadores de controles e metas são instrumentos que norteiam a gestão de uma usina e auxiliam a obter maior eficiência de toda a estrutura disponível. Segundo Kardec et al. (2002), os indicadores de manutenção são desenvolvidos e utilizados pelos gerentes visando atingir as metas operacionais definidas pelas empresas. Segundo Tavares (1999), denominam-se "índices de classe mundial" e são utilizados em vários países, inclusive no Brasil. Nas usinas de beneficiamento, estes índices contemplam as manutenções preventiva e corretiva, servindo como indicadores de controle e eficiência de aplicabilidade, desenvolvidos pela empresa, considerando seus relatórios de controle e normas estabelecidas pelos

Figuras 11.2 e 11.3. *Defeitos encobertos por partes da máquina.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

fabricantes de equipamentos (manual). Abaixo, encontra-se um demonstrativo de avaliação (CHANSELME e KINRE, 2005):

Gestão de manutenção na safra

- TTP = Tempo Teórico de Produção = 24 horas;
- TRP = Tempo Real de Produção = TTP (–) Horas de Manutenção;
- TMP = Taxa de Manutenção Preventiva: Deve ser na ordem de 10% (diária, semanal e mensal).

A manutenção preventiva abaixo, de 10%, não é realizada corretamente.

Definição de horas de manutenção

- Tempo médio a ser dedicado à manutenção preventiva = 24 horas x 0.1 = 2h25' por dia.

2.1. Organização

Toda manutenção dever ter um planejamento para sua execução. Por uma questão de organização e também do indispensável controle de custos, toda usina de beneficiamento deve possuir seus controles documentados e tê-los à disposição de forma acessível, prática e organizada. Dessas coletas de dados, é possível gerar, de forma automática ou manual, relatórios que apresentam os diversos itens levantados, facilitando a análise pontual, parte por parte do processo ou de cada equipamento, peças utilizadas, entre outros, podendo-se direcionar, da maneira mais racional e viável, o planejamento das ações a serem realizadas, ou seja, o plano de manutenção.

A comunicação entre os diversos canais envolvidos num processo de beneficiamento, que abrange desde o auxiliar administrativo, compras e setores operacionais até os mandatários/proprietários, se torna um elemento crucial para que os controles sejam

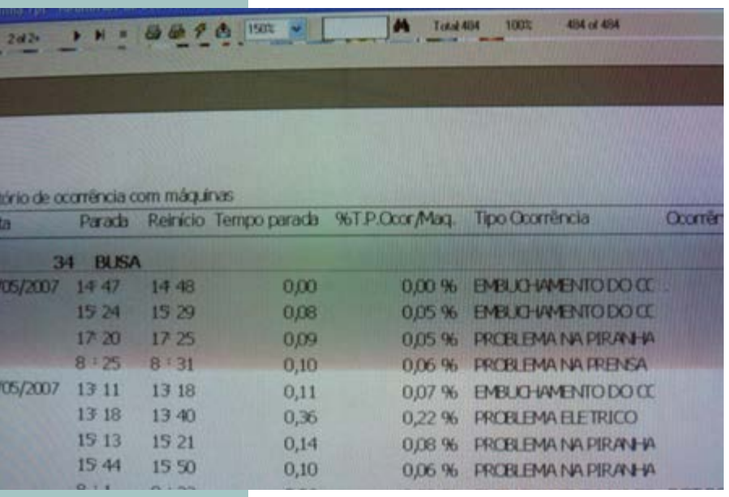

tório de ocorrência com máquinas
Parada Reinicio Tempo parada %T.P.Ocor/Maq. Tipo Ocorrência
34 BUSA
05/2007 14:47 14:48 0,00 0,00 % EMBUCHAMENTO DO CC
15:24 15:29 0,08 0,05 % EMBUCHAMENTO DO CC
17:20 17:25 0,09 0,05 % PROBLEMA NA PIRANHA
8:25 8:31 0,10 0,06 % PROBLEMA NA PRENSA
05/2007 13:11 13:18 0,11 0,07 % EMBUCHAMENTO DO CC
13:18 13:40 0,36 0,22 % PROBLEMA ELETRICO
15:13 15:21 0,14 0,08 % PROBLEMA NA PIRANHA
15:44 15:50 0,10 0,06 % PROBLEMA NA PIRANHA

Figura 11.4. *Relatório utilizando software.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2009).*

Figura 11.5. *Manutenção de entressafra ou reforma.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

efetivados de forma completa e de maneira adequada, podendo-se ter um aproveitamento máximo no momento de planejar.

Hoje, no Brasil, a coleta de dados, e mais ainda, a exploração dos inúmeros dados coletados é deficiente, por necessitar de tempo e pessoal. A manutenção auxiliada por computador (*software* específico) ajuda na exploração detalhada (Figura 11.4) dos numerosos dados de manutenção preventiva e corretiva, parte por parte do processo ou de cada equipamento, no âmbito do planejamento de compras de peças antecipadas, escolha de fornecedores e otimização permanente da sua manutenção e custo.

2.1.1. Manutenção na entressafra

No Brasil, os industriais geralmente aproveitam-se da entressafra para realizar as manutenções mais pesadas e que demandam ações que necessitam de maior tempo, seja manutenção corretiva ou preventiva e investimento em adaptações, adequações, melhorias e modernizações (Figura 11.5). É o tempo das reformas. Normalmente, iniciam logo após o término da safra corrente, com a desmontagem de máquinas e equipamentos para uma inspeção mais detalhada e, a partir daí, enumerar as necessidades mais pontuais, às vezes invisíveis durante o funcionamento e não verificadas no decorrer da safra.

Neste momento, é imprescindível documentar o passo a passo dos trabalhos para dispor dos registros e organizar todas as ações que, posteriormente, serão necessárias, como compras de peças, contratação de serviços, etc.

Os trabalhos dentro da usina devem ser gradativos e por etapas do processo, sistematicamente. No caso de usinas antigas e com mais de um

conjunto de descaroçamento, sugere-se efetuar um conjunto completo por vez. Inicialmente, devem ser feitas as inspeções. Cada etapa deve sofrer uma varredura avaliando as máquinas individualmente. Com o levantamento concluído, devem-se avaliar todas as necessidades, somando-se a isto as informações dos relatórios de safra, e assim definir as ações a serem realizadas. Com isso, já é possível customizar a manutenção.

Para a manutenção preventiva, seja na época de safra ou na reforma, geralmente realizada em final de safra (entressafra), existem alguns documentos básicos a serem criados e utilizados pela usina, tais como:

- Ficha de limpeza das máquinas e prédio;
- Lista de conferência ou checagem (*check-list*);
- Ficha de intervenção (trabalhos efetuados).

2.1.2. Manutenção na safra

Quando a manutenção ocorrer durante a safra, deve ser planejada para que se realize durante paradas longas e programadas como, por exemplo, o horário de ponta estabelecido pela concessionária de energia elétrica. Para isso, são necessárias inspeções de rotina (Figura 11.6) que irão identificar e nortear toda a organização dos trabalhos a serem planejados. É imprescindível que a manutenção preventiva de rotina seja planejada de acordo com a orientação do *check-list* de inspeção e que o planejamento possa aproveitar paradas na usina para reparos, a fim de efetuar manutenções preventivas em outros equipamentos ou locais.

Quando as inspeções forem realizadas entre turnos ou folgas de tempo suficiente, é indispensável aproveitar essa paralisação para:

- efetuar a limpeza da poeira superficial na usina, utilizando ar comprimido;
- efetuar a limpeza por dentro dos principais equipamentos, como telas de condensadores de limpadores de pluma, condensador geral e grelhas dos alimentadores descaroçadores;
- verificar anomalias no interior das máquinas, como acúmulo de fibra ou algodão em caroço, poeira excessiva e indícios de formação de embuchamentos. Também atentar para quebras de barras de grelhas, irregularidade de espaçamentos nas grelhas, dentes ou pinos tortos nos desmanchadores e

Figura 11.6. *Inspeção de rotina.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2010).*

outros equipamentos que os utilizem, soldas com desgastes, rebarbas em chapas, grelhas e metais;

- verificar e efetuar limpeza, quando necessário, nas principais tubulações de entrada e saída de algodão em caroço, fibra e resíduos;
- verificar o excesso de lubrificação, folgas nas partes móveis, empenamentos de rolos, tensão de correias e correntes, entre outros;
- verificar vedações das válvulas de vácuo, equipamentos sob pressão negativa (batedores), extremidades dos condensadores, etc.;
- realizar reparos necessários verificados em outras inspeções ou durante a produção;
- sempre desligar e travar o equipamento a ser revisado e/ou manutencionado;

Durante os turnos de trabalho e produção da usina, procure sempre:

- observar a regularidade do funcionamento das máquinas, da alimentação de algodão, barulhos e ruídos anormais;
- medir, utilizando um termômetro com mira a laser, as temperaturas dos rolamentos, mancais e sistemas de lubrificação, entre outros;
- observar polias, engrenagens e roldanas, com suas respectivas correntes, correias e fitas para conferir o alinhamento correto, assim como a tensão ajustada;
- verificar o sistema de ar, conferindo se existem vazamentos, amassamentos e possíveis perdas de desempenho;
- observar a existência de possíveis vazamentos em sistemas hidráulicos, condições de seus filtros, aquecimento anormal.

Já a manutenção deve ser realizada por equipes (turno) e por pessoas especializadas. O trabalho deve ser documentado, utilizando-se dos *check-lists*, tabelas específicas e os levantamentos de ocorrências. É importante definir os períodos de programação, de acordo com as necessidades de cada item.

Para a execução dessas manutenções, o responsável deverá observar alguns pontos importantes, como:

- limpeza da usina;
- procedimentos de segurança antes de realizar a manutenção;
- conhecer as orientações do fabricante com relação à manutenção dos equipamentos (regulagens, velocidades, disposições, etc.);
- ter disponíveis todos os recursos necessários para realizar as tarefas, evitando perda de tempo desnecessária (as paradas implicam em aumento de custo fixo);

- aproveitar, quando possível, para fazer a manutenção em máquinas que se apresentam como potencial de paradas durante a safra, ou seja, que possuam algum histórico, ou que, pelo tipo de uso, possam causar paradas imprevistas.

A rotina da manutenção preventiva deve ser contínua e com o envolvimento de todos os colaboradores de cada setor ou parte dos processos produtivos. Numa algodoeira, são várias as etapas de produção, que envolve o funcionamento de máquinas de diversos portes e dimensionamentos. Portanto, é importante que haja uma sequência coerente que facilite o acompanhamento e a organização da manutenção, antes, durante e após o período de produção.

2.2. Documentação

A importância de documentar as ocorrências e manter um controle de registros das situações e causas detalhadas nas atividades operacionais da usina permite identificar os defeitos, o impacto sobre o custo e com isto corrigir as falhas.

Com o avanço da tecnologia, a necessidade de se fazer vários controles e também de armazenar muitas informações, tornou-se essencial e indispensável o auxílio da informática na gestão das usinas.

Para a gestão da manutenção, são necessárias ações como automatizar os hábitos de manutenção e preparar dados preliminares, que não podem faltar. São ações que ajudarão a alcançar a redução dos custos. Desta forma, *softwares* especializados, profissionais apropriados são ferramentas cada vez mais indispensáveis para a agilidade, acompanhamento e organização das usinas. Também dentro deste contexto, é preciso manejar uma usina como um centro de custo e lucro, para melhorar a competitividade de maneira permanente, integrando as gestões industrial (produção), administrativa e financeira.

Com a documentação e a informatização da gestão, será mais simples formalizar e modelar todas as práticas:

- da manutenção;
- da qualidade;
- da gestão dos estoques;
- da rastreabilidade dos produtos;
- da gestão contábil e financeira;
- e do beneficiamento em si.

O uso dos relatórios gerados por esses documentos auxiliará nas tomadas de decisões e direcionamento de ações, como a escolha de fornecedor, tipo e qualidade de peças e acessórios, assim como de serviços. Também poderá ser possível avaliar o tempo necessário para a realização das tarefas, planejar a necessidade de mão-de-obra, de alterações e adequações do processo. É muito importante planejar os trabalhos com antecedência, para ter todas as condições de trabalho e realizar a manutenção de acor-

do com o previsto.

Algumas sugestões de documentos de registros apresentadas neste capítulo são apenas modelos baseados em experiências de trabalho dentro das usinas e que podem ser modificadas pelos gestores das algodoeiras de acordo com suas características e necessidades. Um apoio documental para analisar os fatos, direcionar ações e planejar a manutenção deve conter os dados levantados das ocorrências durante a safra, com um mínimo de informações, como demonstram algumas tabelas:

2.2.1. Tabela de Manutenção Preventiva

A Tabela de Manutenção Preventiva deve ser elaborada a partir do manual do equipamento fornecido pelo fabricante ou, no caso de não haver este documento, baseada na experiência dos responsáveis, maquinistas, operadores, em consultas a especialistas e outros meios que sejam compatíveis com as atividades e processos. Veja o exemplo do quadro 11.1.

Neste exemplo, deve-se atentar para a frequência atribuída às tarefas e as ações referenciadas em cada item, como:

- Verificar diariamente se os pinos dos rolos não estão danificados. Reapertá-los semanalmente;
- Verificar diariamente, nos rolos desmanchadores, se há aquecimento excessivo nos mancais e efetuar limpeza;
- Verificar o alinhamento das roscas transportadoras.

A descrição das tarefas e sua frequência devem ser criteriosas e objetivas, feitas e transmitidas com clareza, para que sejam operacionais e, principalmente, obedecidas.

Quadro 11.1. *Itens parciais correspondentes a um desmanchador de fardões.*

Equipamento	Elemento	MP Diária	MP Semanal	MP Quinzenal
DESMANCHADOR DE FARDÕES	Pinos desmanchadores e batedores	– Verificar ajustes ou danos.	Reapertar os parafusos.	
	Pinos desmanchadores e batedores	– Efetuar limpeza; – Verificar aquecimento excessivo de mancais e rolamentos.	– Alinhar as polias e correias.	– Verificar engrenagens e correntes; – Lubrificar rolamentos e mancais.
	Roscas transportadoras	– Verificar alinhamento.		– Verificar engrenagens e correntes; – Lubrificar rolamentos e mancais.
	Grelhas limpadoras	– Efetuar limpeza;	– Verificar o estado e o alinhamento.	
	Motor e motorredutor	– Verificar o nível de óleo; – Limpar o suspiro do redutor; – Limpar a tampa da hélice.	– Alinhar a embreagem eletromagnética; – Verificar engrenagens e correntes.	

Fonte: *Cotimes do Brasil, 2009.*

2.2.2. *Check-list* de limpeza e inspeção de equipamentos

A exposição da máquina, para o custo e para a qualidade, impõe um cuidado rigoroso e ajuda a definir a substituição imediata das peças danificadas ou desgastadas, juntamente com os ajustes conforme as normas do fabricante.

O gerente ou maquinista responsável deverá indicar, orientar e treinar um colaborador capacitado para ser responsável direto pela execução dos trabalhos em cada máquina e pelo registro das informações, como sugere o modelo de *check-list* do quadro 11.2.

Sempre repassar instruções de segurança e atentar para o bloqueio de todo o maquinário. Com treinamento, o operador estará capacitado para trabalhar sobre problemas de manutenções específicas ou identificar os que necessitam de mão-de-obra especializada.

Quadro 11.2. *Check-list de limpeza e inspeção.*

CHECK-LIST DE LIMPEZA E INSPEÇÃO				
USINA: ..... EQUIPE DE PRODUÇÃO:..... NOME DO MAQUINISTA:..... DATA:...../...../.....			Duração variável de acordo com tipo de usina	
MÁQUINA	**PESSOAL**	**OPERAÇÕES A PROVIDENCIAR**	**MATERIAL**	**CONTROLE**
Descaroçador 1 Descaroçador 2 Descaroçador 3		Limpeza cata-piolho Estado e limpeza das serras Limpeza de tomadas de ar	Vassoura Ar comprimido Arame	
Limpador de Pluma 1 Limpador de Pluma 2 Limpador de Pluma 3		Limpar e conferir a tela do condensador e vedações Limpar e conferir os cilindros de serra Limpar ventiladores axiais	Ar comprimido Vassoura Escova metálica	
Condensador Geral		Limpar e conferir a tela do condensador Limpar e conferir a transmissão de movimento Conferir vedações	Ar comprimido Escova	

Fonte: *Cotimes do Brasil, 2009.*

3. Manutenção corretiva

Uma vez que ocorreu um problema e este precisa ser corrigido (Figura 11.7), é importante que haja também um planejamento prévio para as situações inesperadas, procedimentos de rotina que orientem os colaboradores sobre como proceder, de um modo geral e em cada caso.

3.1. Organização

Indicadores de controles e metas são instrumentos que ajudam a gestão e auxiliam na eficiência de uma usina. De acordo com a avaliação de Chanselme e Kinre (2005), a taxa de manutenção corretiva sugerida deve ser, em média, inferior a 5% do tempo de produção total da indústria.

Figura 11.7. *Manutenção corretiva do equipamento.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2010).*

Gestão de Manutenção na safra

- TMC = Taxa de Manutenção Corretiva: deve ser inferior a 5%;

- Tempo diário médio que deveria ser utilizado para a manutenção corretiva = 24 h x 0.05 = 1h15.

Estes tempos variam de acordo com o porte da usina.

Acima de 5% do tempo teórico de produção dedicado à manutenção corretiva, é considerado que a manutenção corretiva não é realizada corretamente.

A questão da segurança deve prevalecer, em qualquer caso. Sempre deve haver o comando para desligar e travar o equipamento a ser revisado e manutencionado.

3.2. Documentação e gestão

Da mesma forma que para a manutenção preventiva, a manutenção corretiva necessita ser controlada e documentada para que ações diversas possam ser realizadas e melhorias implementadas. A documentação básica necessária compõe-se de:

- Planilha ou livro de ocorrência (descrevendo a falha) - Quadro 11.3;

- Ficha de intervenção (trabalhos efetuados) - Quadro 11.4.

É interessante que haja um histórico de problemas de cada equipamento, pois nesse caso poderá ser possível avaliar melhor a intervenção a ser feita e sanar alguma anomalia que já vinha sendo monitorada sem condições ou oportunidades para a correção.

A manutenção corretiva é a consequência de um fato imprevisto que já ocorreu e, portanto, devido a situações não planejadas. Os técnicos e colaboradores da usina devem registrar todas as anomalias ou condições favoráveis à ocorrência de problemas sempre que acharem necessário, mesmo que não confirmados. Desta forma, possibilitará que se previnam potenciais problemas.

O controle de estoques de peças importantes e que afetam diretamente a produção deve ser rotineiro. Os operadores devem saber e ter conhecimento dessas peças e sua disponibilidade. Tão logo a manutenção corretiva seja efetuada, a peça utilizada deve ser reposta no estoque. O mesmo também deve

Quadro 11.3. *Planilha de ocorrências na usina.*

RELATÓRIO DE OCORRÊNCIAS
DATA: _____/_____/_____

TURNO:_____

Nº	DESCRIÇÃO DA OCORRÊNCIA	MOTIVO	HORÁRIO	DURAÇÃO
			DAS as h	
			DAS as h	
			DAS as h	
			DAS as h	
			DAS as h	
			DAS as h	
			DAS as h	
			DAS as h	
			DAS as h	
			DAS as h	
			DAS as h	
			DAS as h	
			DAS as h	
			DAS as h	
			DAS as h	
			DAS as h	
			DAS as h	

FARDO INICIAL:	**FARDO FINAL:**	**TOTAL:**
RESPONSÁVEL:		

Fonte: *Cotimes do Brasil, 2009.*

Quadro 11.4. *Ficha de Intervenções.*

CONTROLE DE OCORRÊNCIAS NO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO

ALGODOEIRA / USINA: ____MODELO DE FORMULÁRIO_____

DATA	EQUIPAMENTO / PROCESSO	DESCRIÇÃO	HORA INÍCIO	HORA FINAL	RESPONSÁVEL DO TRABALHO	TEMPO DA INTERVENÇÃO (hora)	TEMPO TOTAL DA PARADA (hora)	MATERIAL REPOSTO	OBSERVAÇÕES	LANÇADO NO SISTEMA
12/07/2010	Desmanchador de fardão	Rolamento rosca transp. quebrado	08:15	09:15	Fulano	00:25	01:00	Rolamento xx	Falta do item no estoque	OK
12/07/2010	Geral	Falta de energia no sistema	11:30	11:40	Fulano	0	00:10	-	Concessionária	OK
TOTALIZAÇÃO						**00:25**	**01:10**			

Fonte: *Cotimes do Brasil, 2009.*

ser observado para ferramentas e instrumentos de trabalho, que devem possuir um local apropriado, limpo e organizado, portanto acessível. Após o uso, eles devem ser imediatamente devolvidos ao local.

A avaliação dos danos, das condições do equipamento manutencionado e das causas do problema deve ser debatida e registrada num diário de bordo ou livro específico. Quando o problema for de uma proporção maior e de importância mais abrangente, sugere-se uma discussão e análise crítica mais pontual, envolvendo pessoas do processo, técnicos e até mesmo fornecedores. Isto valida a importância do livro de ocorrências e de intervenção.

Seja por manutenção preventiva ou corretiva, sempre antes de recolocar a usina em funcionamento, o pessoal deve estar atento aos seguintes itens:

a) As condições físicas das peças visíveis e principais para o funcionamento, como parafusos de alinhamento, correias, molas, correntes, roldanas e engrenagens, tensão com que foram reguladas, alinhamentos, etc.;

b) A existência de folgas, vazamentos, desgastes, etc.;

c) A lubrificação geral dos sistemas;

d) As instalações e sistemas elétricos, conexões e isolamentos;

e) Outros.

4. Conclusão

A manutenção condiciona o desempenho, a produtividade da usina de beneficiamento e o lucro da empresa. É uma atividade fundamental, que deve ser planejada, organizada e documentada. O beneficiador deve dedicar tempo suficiente à manutenção preventiva diária, semanal e mensal, seja o equivalente a 2h30 por dia, para que as paradas não desejadas (manutenção corretiva) possam ficar abaixo de 1h15 por dia, em média. Em uma usina de beneficiamento, o tempo total dedicado à manutenção é de 3h40.

É relevante – e poderá auxiliar muito – observar rotineiramente as condições de apresentação dos produtos, subprodutos e resíduos gerados pela usina, tais como a apresentação da amostra de fibra, sua preparação, índice de impurezas e fragmentos estranhos que a compõem, amostras de caroço/semente, e avaliar o índice de fibra remanescente do descaroçamento, os resíduos em geral, observando a presença anômala de algodão em caroço e fibra. Estes indicativos poderão direcionar a indícios de problemas nas máquinas, desgastes de peças, regulagens e inúmeros outros fatores que podem ou estão prejudicando a eficiência do processo.

A manutenção deve ser devidamente documentada com *check-lists*, ficha de intervenção e jornal de ocorrências. Os dados coletados devem ser analisados, para reduzir o tempo de paradas e otimizar as compras e estoques de peças de reposição, entre outros.

É relevante considerar que:

- os melhores equipamentos não podem dar o melhor sem o melhor pessoal;
- um pessoal competente procura, assimila e utiliza as informações;
- um pessoal informado e formado pode tomar boas decisões;
- é recomendado que o pessoal possa se beneficiar de cursos de formação regulares de operação dos equipamentos, manutenção, ajustes e segurança;
- manutenção bem planejada e gerenciada = tranquilidade.

Na organização de uma usina, o elemento 'manutenção' deve estar sempre associado a recursos e ferramentas que possam atender às necessidades que os trabalhos demandam. O fluxograma abaixo expressa estas necessidades.

Os recursos humanos e as ferramentas adaptadas são indispensáveis a uma manutenção eficiente. A colocação em operação precisa de uma gestão rigorosa das ferramentas, para evitar desgastes e perdas. Para isso, a gerência da usina deve atentar para:

- contratar pessoal competente, conforme as exigências da manutenção;
- criar condições de trabalho ótimas (higiene e segurança);
- avaliar regularmente o pessoal (monitoramento do tempo de intervenção, paradas, ferramentas);
- realizar manutenção autônoma; e
- promover melhorias.

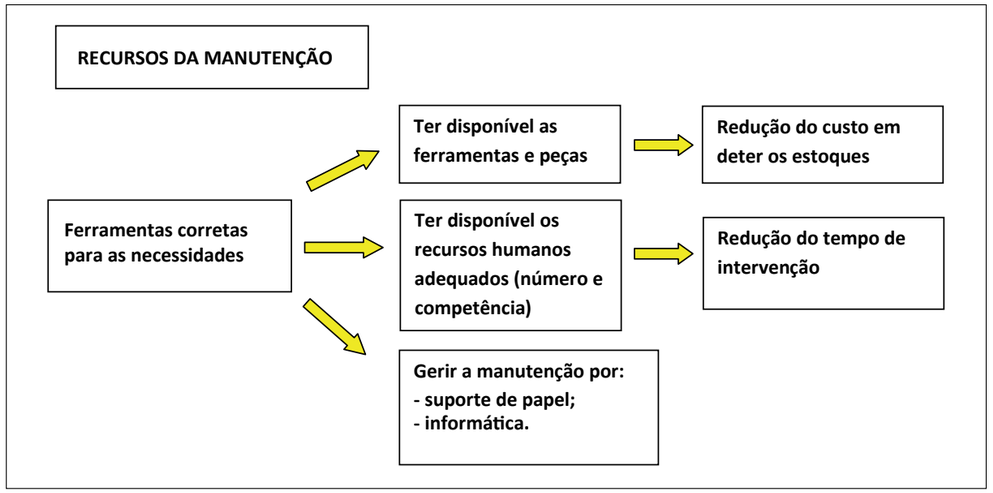

RECURSOS DA MANUTENÇÃO
Ferramentas corretas para as necessidades
Ter disponível as ferramentas e peças
Ter disponível os recursos humanos adequados (número e competência)
Gerir a manutenção por:
- suporte de papel;
- informática.
Redução do custo em deter os estoques
Redução do tempo de intervenção

Figura 11.8. *Fluxograma para a organização da manutenção.* (Fonte: *Cotimes do Brasil, 2009).*

Atenção:

Para a manutenção deve-se:

- Sempre repassar instruções de segurança e atentar para o bloqueio de todo o maquinário.
- Com treinamento e orientações, o operador estará capacitado para trabalhar sobre problemas de manutenções específicas ou identificar os que necessitam de mão-de-obra especializada.

Figura 11.9. *Orientação da equipe.*
(Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHANSELME, J.; KINRE, H. **Guide de maintenance des usines d'égrenage du coton** – Regional Quality Workshop. Parakou-Benin: UEMOA/UNIDO, 2005.

KARDEC, A. et al. **Gestão estratégica e indicadores de desempenho.** Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2002. p. 41-43.

TAVARES, L. A. **Administração moderna da manutenção.** Rio de Janeiro: Novo Polo Publicações, 1999.

CAPÍTULO 12

SEGURANÇA EM USINAS DE BENEFICIAMENTO DE ALGODÃO

Uma unidade de beneficiamento oferece muitos riscos por implicar inúmeros fatores que possibilitam a ocorrência de acidentes de trabalho e incêndios. Por esses motivos é necessário prezar pela segurança ao longo do processo. As causas dos acidentes geralmente ocorrem a partir de um ato inseguro ou condição insegura. E o custo do acidente resulta do somatório dos custos diretos e indiretos envolvidos. É importante compreender e executar medidas de prevenção de acidentes e de combate a incêndios ao longo de todo o processo de beneficiamento, sendo que cada parte deste processo envolve particularidades que propiciam acidentes. Também é necessário estar a par da normatização pertinente ao assunto.

Foto: Cotimes do Brasil

Hamilton R. Ramos
PRO-ATIVA
Campo Verde-MT
hamiltonrramos@hotmail.com

Christopher Barry Ward
AGRI-CONSULTANT
Rondonópolis-MT
chrisbarryward@gmail.com

Paulo V. Ribas
Cotimes do Brasil
Primavera do Leste-MT
paulo@cotimesdobrasil.com.br

SEGURANÇA EM USINAS DE BENEFICIAMENTO DE ALGODÃO

1. Introdução

O beneficiamento de algodão é uma atividade muito perigosa e possui inúmeros fatores que possibilitam a ocorrência de acidentes de trabalho e incêndios, como: ruído muito alto, muitas partes das máquinas em movimento com altas velocidades, matéria em contínuo atrito com partes metálicas, produto de fácil combustão (algodão), peças e acessórios muito afiados ou pontiagudos (serras, cilindros de pinos, polias de motores, etc.), muito trabalho manual com pouca automação, entre outros.

Devido à sazonalidade da atividade e ao grande volume de mão-de-obra com nível de escolaridade menos exigente, o número de acidentes ou atos inseguros nas usinas é elevado e causa preocupações aos industriais. É necessário preservar a integridade física dos colaboradores, bem como controlar o custo, que impacta a saúde financeira das empresas, tanto pelos desembolsos realizados como pelo prejuízo em função dos dias parados por acidentes.

A falta de capacitação, experiência, condições técnicas e operacionais dos colaboradores e a extensa jornada de trabalho são os fatores que mais contribuem para as ocorrências.

A falta de manutenção, de proteções nos equipamentos, o estado e os desgastes das máquinas, projetos mal elaborados, entre outros, aumentam ainda mais as estatísticas de acidentes nas usinas de beneficiamento.

Na maioria das ocorrências ocasionadas por choque contra objetos e equipamentos, a parte do corpo mais afetada é a mão ou o braço, depois costas, olhos, pernas e cabeça, seguido por distensões, choque elétrico, queda pessoal e de objetos, daí a grande necessidade que a empresa moderna tem de aplicar recursos, investir em treinamento, equipamentos e métodos de trabalho para transmitir ao seu pessoal o Espírito Prevencionista e, através de técnicas e de sensibilização, combater, em seu meio, o Acidente do Trabalho que, conforme tem sido demonstrado, atinge forte e danosamente a Qualidade, a Produção e o Custo.

2. Acidente de trabalho

2.1. Definição

Acidente de trabalho é um ato e/ou fato não programado que ocorre quando o indivíduo está a serviço da empresa, resultando em lesões, com perda da sua capacidade para o trabalho.

2.2. Causas de acidente de trabalho

É fundamental que se entenda que a busca da causa de um acidente não tem, absolutamente, o objetivo de punição, mas, sim, o de encontrar a partir das causas, as medidas que possibilitem impedir ocorrências semelhantes.

Os acidentes ocorrem, pelo menos, por três pontos básicos:

- Falta de conhecimento ou perícia;
- Atitude imprópria ou insegura;
- Falha no seguimento das práticas de segurança.

2.2.1. Ato inseguro

Ato *inseguro* é aquele provocado pelo trabalhador contrariando as normas de segurança, que pode vir a causar ou favorecer a ocorrência de acidentes.

2.2.2. Condição insegura

A condição insegura resulta da situação ambiental, cuja correção não é de responsabilidade do acidentado. Compreende máquinas, equipamentos, materiais, métodos de trabalho e deficiência administrativa.

Para efeito de maior clareza, podemos classificar a condição insegura em quatro classes:

- Mecânica: máquina/ferramenta/equipamento defeituoso, sem proteção, inadequado, etc.;
- Física: *layout* (disposição, passagens, espaço, acesso, etc.);
- Ambiental: ventilação, iluminação, poluição, ruído, etc.;
- Método: procedimento de trabalho inadequado, padrão inexistente, processo perigoso, método arriscado, supervisão deficiente, etc.

2.3. Quase acidente

Quase acidente é o ato no qual o indivíduo chega muito próximo da ocorrência do acidente propriamente dito, seja no âmbito coletivo ou individual. Normalmente, dá-se devido ao ato inseguro. Exemplo: queda de objeto do alto ao lado da pessoa, sem atingi-la.

Atualmente, muitas empresas utilizam este item como estatística para identificar problemas pontuais e elaborar programas de prevenção.

2.4. Custos de um acidente de trabalho

O acidente de trabalho acarreta um ônus para o industrial, produtor, empresário, empregado, e para o país, não somente com os gastos com o acidente, mas também com assistência até a pronta recuperação do acidentado através de benefícios.

Acidentes devem ser analisados utilizando horas de trabalho como base para comparações. O cálculo em si não é difícil, mas muito trabalhoso. Para cada caso, há diferentes variáveis envolvidas, muitas vezes de difícil identificação. Em linhas gerais, pode-se dizer que o custo do acidente é o somatório dos custos diretos e indiretos envolvidos. Para ilustrar esta complexidade e a abrangência do assunto, temos alguns conceitos (ETCHALUS, 2006) e uma base do que deve ser considerado.

2.4.1. Custo direto

O custo direto refere-se às despesas da empresa com os funcionários expostos aos riscos: INSS, salários, indenizações, gastos com assistência médico-hospitalar e indenizações pagas aos acidentados.

2.4.2. Custo indireto

O custo indireto relaciona-se com o ambiente que envolve o acidentado e com as consequências do acidente. Engloba todas as despesas de fabricação, despesas gerais, lucros cessantes e outros fatores que nem sempre incidem de modo igual, seja na mesma empresa ou em empresas diferentes. Como exemplo de elementos que podem compor o custo indireto, Machline et al. (1984) apresentam os seguintes pontos que merecem consideração:

- Custo do tempo perdido pelos colegas de trabalho, que param seu serviço para socorrer o acidentado;
- Custo do primeiro socorro médico;
- Danos causados aos equipamentos, ferramentas e materiais;
- Reprogramação do trabalho, diárias aos acidentados, redução temporária da capacidade do acidentado;
- Custo da redução da produção dentre outros.

De acordo com a legislação brasileira, há outras incidências que são relevantes:

- O salário que deve ser pago ao acidentado no dia do acidente e nos primeiros 15 dias de afastamento, sem que ele produza;
- Multa contratual pelo não cumprimento de prazos;

- Perda de bônus na renovação do seguro patrimonial;
- Prejuízos decorrentes de danos causados ao produto no processo;
- Gastos de contratação e treinamento de um substituto;
- Pagamento de horas extras para cobrir o prejuízo causado à produção;
- Gastos com energia elétrica e demais facilidades das instalações (horas extras);

Pagamento das horas de trabalho despendidas por supervisores e outras pessoas e/ou empresas:

- na investigação das causas do acidente;
- na assistência médica para os socorros de urgência;
- no transporte do acidentado;
- em providências necessárias para regularizar o local do acidente;
- em assistência jurídica;
- em propaganda para recuperar a imagem da empresa.

Em caso de acidente com morte ou invalidez permanente, ainda devemos considerar o custo da indenização que deve ser paga mensalmente até que o empregado atinja a idade de 65 anos.

3. Acidentes em usinas de beneficiamento

3.1. Processo produtivo do beneficiamento de algodão

O processo de beneficiamento das usinas segue etapas de produção que exigem o envolvimento direto ou indireto de indivíduos para o funcionamento das máquinas e andamento das atividades. A meta de gestão sobre acidentes de trabalho deve ser sempre "zero" e, para isso, a segurança deve ser atentamente observada em cada uma dessas etapas.

A seguir, apresentam-se alguns elementos que podem auxiliar na elaboração de um programa mais completo sobre a segurança de trabalho numa usina, considerando cada etapa de produção dentro do processo comum de beneficiamento. Antes, porém, é importante ressaltar alguns itens comuns e constantes em todas as etapas de produção:

- Desligar, avisar e bloquear o equipamento no caso de manutenção, limpeza e inspeção, ou caso seja necessário retirar buchas de algodão. Colocar placas de avisos nos painéis (Figura 12.1). Antes da intervenção, deve-se conferir a ausência de energia (Figura 12.2);
- Utilizar sempre os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) adequados ao serviço realizado;

Figura 12.1. *Placa de advertência no painel.*
(Foto: *Cotimes do Brasil, 2010).*

- Manter partes em movimento, como polias, correias, correntes, engrenagens, eixos longos, etc., sempre com proteções instaladas e firmes;
- Não colocar mãos e pés sobre as partes em movimento ou embaixo delas;
- Atentar para a existência de valas e partes abertas embaixo dos equipamentos;
- Nunca subir sobre os equipamentos ou acessar seu interior quando eles estiverem em funcionamento;

Figura 12.2. *Proteção por bloqueio, aviso e teste.*
(Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

3.2. Etapas de produção

3.2.1. Descarga

3.2.1.1. Medidas de prevenção de acidentes

Os principais cuidados, entre tantos, que se deve ter na operação dessa etapa do beneficiamento deverão ser:

- Cuidar do transmódulo, que fará a descarga do fardão sempre em marcha à ré. O mesmo deverá ter uma sinalização visual e sonora durante a operação e ter uma pessoa ao longe orientando o motorista ou operador e advertindo acerca do perigo de aproximação em obstáculos fixos e de pessoas na área de trabalho.
- Não se deve ficar atrás do caminhão, próximo ao fardão, enquanto estiver manobrando ou efetuando a descarga;
- Não colocar mãos e pés sobre as partes em movimento ou embaixo da fita/correia transportadora, devido ao risco de agarramento nos roletes que movem a fita;
- Não adentrar no interior do desmanchador ou na área dos cilindros de pinos com o equipamento em funcionamento;
- Procurar não pular ou transpassar a fita/correia transportadora;
- Visualizar sempre a presença de focos de incêndio nos equipamentos e na matéria que está entrando no processo, dentro das máquinas quando possível, sobre a fita/correia e nas áreas onde haja algodão armazenado para ser beneficiado;
- Deve-se também estar atento à ventilação da fumaça de combustão, no caso de ambientes fechados.

3.2.1.2. Medidas de combate a incêndios

No caso de incêndio na área de descarga:

- Desligar a correia/fita transportadora;
- Desligar o sistema pneumático de sucção;
- Afastar o desmanchador de fardões;
- Identificar o local do foco de incêndio;

- Utilizar extintores ou hidrantes de incêndio, conforme a necessidade;
- Mover o fardão para longe do desmanchador;
- Desligar os equipamentos de descarga, tais como desmanchador de fardões e *Hot-box*;
- Retirar ou afastar os veículos em serviço na área de alimentação.

3.2.2. Regulação da alimentação, secagem e limpeza do algodão em caroço

Para a secagem do algodão, normalmente se utiliza ar quente originado pelo calor de uma fornalha, caldeira, ou através da queima de gás. Os tanques de estoque do gás devem permanecer em áreas restritas fora da usina, cercadas e sinalizadas.

As tubulações devem ser isoladas, o que não ocorre na maioria dos casos, portanto a atenção deve ser redobrada, para evitar queimaduras.

A regulação de fluxo e a limpeza do algodão em caroço se dão por equipamentos de grande porte, instalados ao solo ou em plataformas, normalmente em condições de altura consideráveis e perigosas. Devem ter acesso especial, com plataformas adequadas.

3.2.2.1. Medidas de prevenção de acidentes

- Atentar para a temperatura das paredes da torre de secagem, evitando o contato direto;
- Visualizar sempre a presença de focos de incêndio nos equipamentos e na matéria que está entrando no processo, dentro das máquinas quando possível e nas áreas onde haja algodão armazenado para ser beneficiado.

3.2.2.2. Medidas de combate a incêndios

- Deixar os equipamentos ligados até sair todo o algodão de dentro, no final da rosca distribuidora, em geral pela válvula pneumática, que deve ser instalada antes da torre de sobra, ou simplesmente na sobra, quando é manual;
- Identificar o local do foco de incêndio no algodão;

- Utilizar extintores ou hidrantes de incêndio, conforme a necessidade;
- Desligar os ventiladores e as outras máquinas somente se houver suspeita de fogo dentro delas, pois, no caso, precisam ser abertas;
- O responsável pelo pátio deve remover dos ciclones, charutos ou casa de resíduos/pó, rapidamente, todo o material propenso a fagulhas e potencialmente combustível.

3.2.3. Alimentação do descaroçador e descaroçamento

A calha da rosca transportadora deve permanecer devidamente fechada com chapas preferencialmente reforçadas, para evitar quedas de objetos, sujeiras e até mesmo trânsito inseguro sobre elas.

O descaroçamento possui um sistema de extração da fibra através de serras, normalmente muito afiadas, que giram em alta velocidade entre um jogo de costelas (costelado), conforme mostra a Figura 12.3.

Infelizmente, é comum registros de acidentes graves nos descaroçadores, afetando normalmente braços e mãos, com perdas de membros ou até invalidez parcial. Portanto, esta é uma atividade que necessita de atenção especial e mão-de-obra capacitada.

3.2.3.1. Medidas de prevenção de acidentes

- Colocar o descaroçador em funcionamento com as proteções laterais no lugar para se proteger das polias e correias;
- Não colocar as mãos ou manusear o rolo de caroço dentro do peito do descaroçador quando o rolo de serras estiver em movimento;
- Espalhar os caroços com uma pequena pá de madeira enquanto o algodão é despejado e vai formando o rolo;
- Remover as tampas, portas ou proteções apenas após o eixo das serras pararem totalmente;

Figura 12.3. *Serras entre as costelas do descaroçador.*
(Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

- Em usinas com recalque de ar, parar os descaroçadores antes de limpar os bocais de ar;

- Usar mangueiras de ar ou outras ferramentas compridas ao redor das serras;
- Visualizar sempre a presença de focos de incêndio no equipamento e na matéria que está entrando para descaroçar.

3.2.3.2. Medidas de combate a incêndios

- No caso de incêndio no descaroçador, disparar o sinal de aviso diversas vezes, com vários apitos rápidos, para alertar o homem da prensa e o resto da equipe;
- Interromper a alimentação da máquina com algodão em caroço, desligando os rolos dosadores na entrada dos alimentadores;
- Levantar o peito e permanecer assim, deixando cair no chão todo o algodão que chega do alimentador;
- Deixar o descaroçador rodando, para as escovas não se queimarem;
- Procurar o ponto de incêndio no peito e neutralizá-lo com um extintor;
- Tirar do peito a parte molhada do rolo de caroço;
- Esperar toda a fibra chegar na prensa e prensar o fardo;
- Localizar o ponto de fogo no fardinho, caroço, resíduos e piolho e fita transportadora de carimã, quando houver, e neutralizá-lo com um extintor;
- Remover todas a matérias queimadas para fora da usina e colocá-las perto de uma fonte de água.

3.2.4. Limpeza da pluma

Os equipamentos para a limpeza da pluma têm um alto índice de acidentes graves devido à negligência ou o desconhecimento do operador. É um equipamento com serras, cilindros em rotação, muitas polias e engrenagens, correias, correntes e eixos compridos fora da máquina, que trabalha em alta velocidade, portanto necessita de atenção redobrada quando em operação.

3.2.4.1. Medidas de prevenção de acidentes

- Não manusear ou colocar as mãos nos rolos se estiverem em movimento, mesmo lento;
- Não colocar as mãos no compartimento frontal da máquina em frente ao rolo de serrilhas quando a máquina estiver ligada e as serrilhas em movimento;
- Desligar, bloquear o equipamento e avisar no caso de manutenção, limpeza e inspeção, ou caso necessite retirar buchas de fibra ou pedaços de resíduos dos dentes das serrilhas.

3.2.4.2. Medidas de combate a incêndios

- Deixar a fibra sair totalmente das demais máquinas para ir até a prensa;
- Procurar o ponto de incêndio no cilindro condensador e local de destino da fibrilha. Neutralizá-lo com extintor;
- Permanecer próximo ao equipamento até que o fogo esteja completamente apagado;
- O operador de fibrilha deve removê-la completamente dos equipamentos de limpeza e prensagem, e colocá-la longe do prédio, verificando a presença de fagulhas.

3.2.5. Preparação de prensagem, prensagem e enfardamento

3.2.5.1. Preparação para a prensagem

O maior risco durante a preparação para a prensagem é a localização alta das partes da prensa e o acesso por escadas íngremes e normalmente sem proteção (Figura 12.4). Quando a bica é adaptada para a umidificação, recebe um grande volume de ar quente e até vapor, deixando suas partes com temperatura elevada.

Figura 12.4. *Condensador geral e bica da prensa.*
(Foto: *Cotimes do Brasil, 2010).*

Figura 12.5. *Prensa de fardos.*
(Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

3.2.5.3. Enfardamento

O uso de arame torna a operação muito perigosa devido ao risco de seu rompimento. Para o transporte manual do fardo, devido ao peso, há o risco de acidentes por quedas, batidas e esforço físico, podendo haver o prejuízo de imediato ou com reflexos no futuro, como doença lombar, de coluna, etc.

3.2.5.4. Medidas de prevenção de acidentes

- Manter sinalização visual e demarcações no local da prensa;
- Manter funcionais todos os sistemas automatizados de segurança na prensa;
- Manter sinalização sonora e visual no momento de giro da prensa;
- Preservar a área restrita de segurança, para o giro da prensa;
- Manter as portas da prensa fechadas até a parada do pistão;
- Restringir acessos às proximidades das caixas da prensa, empurrador e calcador/compactador;

3.2.5.2. Prensagem de fardos

A prensagem é um sistema complexo, que apresenta muitos pontos de risco e é bastante diferente entre os tipos de usina, antiga e moderna. Oferece riscos de acidentes na operação, principalmente nas usinas antigas, devido ao constante movimento das partes pesadas, abertura e fechamento de portas e o acesso manual a essas partes (Figura 12.5).

- Atentar para a temperatura das partes do sistema hidráulico;
- Não manusear ou colocar as mãos nas caixas com o calcador/compactador em movimento. Bloquear a energia;
- Manter a área e os equipamentos limpos de vazamentos de óleo e graxa;
- Desligar e bloquear o equipamento no caso de manutenção, limpeza e inspeção, ou caso necessite retirar fibra ou resíduos das caixas;
- Evitar caminhar sobre os trilhos do carrinho automático de fardo;
- Atentar para locais úmidos e escorregadios quando transportar manualmente o fardo da prensa até a embalamento.

3.2.5.5. Medidas de combate a incêndios

- Deixar a fibra sair totalmente das demais máquinas para chegar à prensa;
- Girar a prensa e prensar o fardo, mesmo se houver chamas na fibra;
- Isolar ao menos dois fardos para poder abri-los e procurar pontos de fogo;
- Se houver fogo no condensador geral, molhar as áreas ao redor dos anéis das extremidades e dos rolos, e evitar deixar que o fogo queime na tela de pluma ou perto dos anéis;
- Permanecer próximo ao condensador geral e à prensa até apagar o fogo.

4. Medidas gerais de prevenção de acidentes

Considerando o que foi exposto etapa por etapa, o contexto que envolve a segurança ocupacional e operacional dos colaboradores nas usinas de beneficiamento, bem como do patrimônio e da organização em geral, necessita ainda de mais atenção e ações direcionadas a estas finalidades.

É necessário que haja procedimentos bem definidos, que atenda as normas regulamentadoras vigentes (NRs), para que sejam obedecidas e seguidas pelos colaboradores e demais pessoas envolvidas nos processos produtivos, desde o proprietário e gerentes até o mais simples auxiliar.

4.1. Medidas administrativas

Contratar funcionários, realizando entrevistas pessoais, tentando diagnosticar seu nível de conhecimento, escolaridade, experiência, etc.

Realizar exames médicos ocupacionais:

- Exame médico admissional: deve ser realizado antes que o trabalhador assuma suas atividades;
- Exame médico periódico: deve ser realizado anualmente, resguardando-se o critério médico;
- Exame médico de retorno ao trabalho: deve ser realizado no primeiro dia de retorno à atividade do trabalhador ausente por período superior a trinta dias devido a qualquer doença ou acidente;
- Exame médico de mudança de função: deve ser realizado antes do início do exercício na nova função, desde que haja a exposição do trabalhador a risco específico, diferente daquele a que estava exposto;
- Exame médico demissional: deve ser realizado até a data da homologação, desde que o último exame médico ocupacional tenha sido realizado há mais de noventa dias, resguardando-se o critério médico.

Os exames médicos compreendem avaliação clínica e exames complementares, quando necessários, em função dos riscos a que o trabalhador estiver exposto.

Para cada exame médico, deve ser emitido um Atestado de Saúde Ocupacional (ASO), em duas vias. A primeira via do ASO deverá ficar arquivada no estabelecimento, à disposição da fiscalização, e a segunda será obrigatoriamente entregue ao trabalhador, mediante recibo na primeira via.

Realizar orientação a todos os funcionários através de Treinamento de Integração de Segurança, onde serão abordados temas, como:

- Acidentes de trabalho: definição, causas e consequências;
- Uso de EPI: definição, tipos e forma de uso, responsabilidades com relação ao uso;
- Prevenção de acidentes na algodoeira: riscos de acidentes em cada posto de trabalho e suas medidas de prevenção.

Fazer registro formal de todos os trabalhadores, através de assinatura na Carteira de Trabalho e Previdência Social (CTPS), antes de colocar o funcionário para realizar qualquer serviço na algodoeira.

Manter os registros do pessoal com relação a faltas por acidentes, ferimentos e doenças. Efetuar sempre o preenchimento do formulário CAT, que deve ser disponibilizado na empresa.

Figura 12.6. *Equipamentos individuais mais usados numa algodoeira.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

4.2. Medidas de proteção individual

Monitorar o uso de EPI (Figura 12.6) nas atividades de cada função.

4.3. Medidas de proteção coletiva

- Evitar o funcionamento de equipamentos que apresentem peças gastas ou com defeito, iminentes de risco de acidentes;
- Mapear constantemente os riscos possíveis na usina, demarcá-los, sinalizá-los e informá-los a todos os colaboradores da usina;
- Comunicar, sinalizar e advertir sobre condições inseguras que não possam ser sanadas de imediato. Dar especial atenção àqueles indivíduos envolvidos diretamente com esta condição;
- Evite usar luvas nas partes móveis dos equipamentos, quando em funcionamento;
- Possuir disponível, e de forma muito acessível a qualquer colaborador, kits de primeiros socorros;
- Verificar o travamento de portas e tampas (desmanchadores, limpadores de pluma, etc.), antes da operação das máquinas;

- Instalar dispositivos de bloqueio automático (sensores) em pontos de equipamentos que sejam considerados perigosos e propiciem acidentes (portas e tampas);
- Sinalizar com dispositivo sonoro (sirene) o início de operação da usina e a partida no funcionamento de motores e equipamentos maiores e de acesso direto dos colaboradores (desmanchadores, limpadores, prensa, etc.);
- Instalar e manter firmes e em bom estado plataformas de acesso aos equipamentos dispostos em áreas elevadas na usina (batedores, válvulas, extratores, etc.);
- Proteger, com corrimãos e protetores para pés, as plataformas e outras superfícies elevadas de trabalho ou passagem;
- Para guarda-corpo de escadas verticais, instalar proteções circulares, tipo escada marinheiro;
- Verificar rotineiramente a limpeza e a organização da usina, guarda de ferramentas, peças e objetos que possam atrapalhar o livre trânsito e as atividades de operação;
- Evitar caminhar sobre tubulações e equipamentos enquanto a máquina estiver funcionando. Fazer uso das plataformas de acesso existentes. Quando necessário, utilizar cinto de segurança, escadas adequadas e em boas condições, plataformas firmes e seguras;
- Certificar-se de que, em cada turno, haverá um responsável, treinado, capacitado e apto a efetuar procedimentos de primeiros socorros e técnicas de prevenção e combate a incêndios;
- Para realizar reparos e manutenção, contratar somente pessoal qualificado;
- Procurar usar roupas que sejam confortáveis, sem manga comprida, para evitar que se enrolem nas máquinas;
- Inspecionar frequentemente a condição dos extintores de incêndio;
- Instalar placas de advertência sobre perigos físicos, ambientais e obrigações quanto ao uso de equipamentos individuais (EPI) e coletivos (EPC), de acordo com as normas;
- Definir e informar as responsabilidades de cada colaborador em suas funções com relação à segurança no trabalho. Cada colaborador deve garantir um ambiente de trabalho seguro, saudável, e zelar pela proteção de seus companheiros de trabalho;
- Providenciar boas condições de trabalho, com ambiente limpo, seguro, motivador, valorizando a opinião, iniciativa e a participação dos colaboradores;
- Ter os procedimentos escritos e bem dispostos a todos os colaboradores é uma ferramenta que realmente dá um suporte à execução das atividades da melhor forma possível;

- Direcionar os funcionários a cursos e participação em Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) também é motivador e resulta em bons dividendos, individualmente e para a empresa;
- Efetuar relatórios sobre acidentes, analisá-los e estudá-los juntamente com outros relatórios internos ou de terceiros ajuda a melhorar os procedimentos e o ambiente de trabalho, identificando as possíveis falhas ou potenciais causas; isto pode impactar diretamente na prevenção de outros acidentes.

Com uma boa gestão destes pontos, o gerente certamente terá bons resultados em seu programa de segurança.

5. Exposição a ruídos nas usinas

5.1. Introdução

A indústria do beneficiamento é praticamente toda composta de grandes equipamentos que geram naturalmente muito ruído, de diversas intensidades e timbres (agudos ou graves). Permanecer muito tempo nesses ambientes prejudica a saúde do colaborador, com perdas auditivas, prejudicando, também, sua produtividade e desempenho. É de extrema importância o uso do EPI apropriado (*plugs* de ouvido e abafadores), bem como ações de engenharia voltadas à diminuição da intensidade desses ruídos e exposição a eles.

Níveis sonoros de 65-80 dBA (decibéis de uma escala de medida A) são irritantes, mas não apresentam efeitos além da indução do estresse ou interferência na comunicação.

Níveis sonoros de 85 dBA acima têm revelado um potencial de causar desequilíbrio auditivo após exposição prolongada (COOPER, 1974).

Tabela 12.1. *Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente.*

NÍVEL DE RUÍDO dB (A)	TEMPO MÁXIMO POR DIA (horas)	NÍVEL DE RUÍDO dB (A)	TEMPO MÁXIMO POR DIA (min.)
–	–	96	105
85	8	98	85
86	7	100	60
87	6	102	45
88	5	104	35
89	4,5	105	30
90	4	106	25
91	3,5	108	20
92	3	110	15
93	2,6	112	10
94	2,25	114	8
95	2	115	7

Fonte: *Norma Regulamentadora 15, Anexo 1*.

Geralmente, os níveis de volume dentro de uma usina variam de 95-98 dBA.

A Tabela 12.1 mostra os limites de tolerância para o ruído contínuo ou intermitente, considerando o nível de ruído em decibéis (dB) e o tempo máximo de exposição, por dia, permissível para cada caso.

A NR-17 – Ergonomia, em seu item 17.5, define que, para ambientes nos quais haja solicitação intelectual e atenção constantes, os níveis de ruído devem estar de acordo com o estabelecido na NBR 10152. Se as atividades não constarem em tal norma, o nível de ruído contínuo ou intermitente aceitável, para efeito de conforto, será de até 65 dB(A); para o nível de ruídos de impacto, não deverá exceder a 60 dB(C).

5.2. Redução do ruído

Tratamentos de diminuição do ruído devem suprir as necessidades de eficiência com os menores custos possíveis e não deve interferir com a operação, manutenção ou segurança do equipamento. Controles administrativos auxiliam nessas ações, como limite do tempo de exposição dos funcionários e uso de equipamentos de proteção pessoal.

É importante avaliar qual é o nível e a origem dos ruídos e qual o trajeto entre esta origem e o ouvido, tomando em conta distâncias, obstáculos, características da construção e posicionamentos em relação à predominância dos ventos, pois isto tudo pode fazer variar a sonorização do ruído.

A partir disso, podem ser estudadas diversas ações que visem minimizar o ruído ou abafá-lo, tais como:

- substituição de equipamentos antigos de pouca eficiência por mais modernos de alta eficiência, que emitem menos barulho;
- isolamento de tubulações com fibra de vidro e espuma de alta eficiência, entre outros;
- restrição de áreas internas, para a instalação de alguns equipamentos (por exemplo, instalar os ventiladores em uma área isolada e específica).

6. Normatização

As principais Normas Regulamentadoras vigentes e que se encaixam no tipo de atividade de beneficiamento, urbanas ou rurais, são as seguintes:

- NR 01 – Disposições Gerais: Estabelece o campo de aplicação de todas as Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho;
- NR 04 – Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho;

- NR 05 – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) – criação e manutenção da comissão;
- NR 06 – Equipamentos de Proteção Individual (EPI): Estabelece e define os tipos de EPI que as empresas são obrigadas a fornecer a seus empregados;
- NR10 – Instalações e Serviços em Eletricidade: Estabelece as condições mínimas exigíveis para garantir a segurança dos empregados que trabalham em instalações elétricas;
- NR 11 – Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais;
- NR 12 – Máquinas e Equipamentos: Estabelece medidas prevencionistas em relação à instalação, operação e manutenção de máquinas e equipamentos;
- NR 15 – Atividades e Operações Insalubres;
- NR 23 – Proteção Contra Incêndios: Estabelece as medidas de proteção contra incêndios os quais os locais de trabalho devem dispor;
- NR 26 – Sinalização de Segurança: Estabelece a padronização das cores a serem utilizadas como sinalização de segurança nos ambientes de trabalho;
- NR 31 – Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura: Estabelece os preceitos a serem observados na organização e no ambiente de trabalho, de forma a tornar compatível o planejamento com o desenvolvimento das atividades que envolvem a segurança, a saúde e o meio ambiente do trabalho.

A seguir, apresenta-se um extrato da parte dedicada às máquinas, equipamentos e implementos da NR 31.

TÓPICOS CONSIDERADOS

31.12. Máquinas, equipamentos e implementos

31.12.1. As máquinas, equipamentos e implementos devem atender aos seguintes requisitos:

- utilizados unicamente para os fins concebidos, segundo as especificações técnicas do fabricante;
- operados somente por trabalhadores capacitados e qualificados para tais funções;
- utilizados dentro dos limites operacionais e restrições indicados pelos fabricantes.

31.12.2. Os manuais das máquinas, equipamentos e implementos devem ser mantidos no estabelecimento, devendo o empregador dar conhecimento aos operadores do seu conteúdo e disponibilizá-los, sempre que necessário.

31.12.3. Só devem ser utilizados máquinas, equipamentos e implementos cujas transmissões de força estejam protegidas.

31.12.4. As máquinas, equipamentos e implementos que ofereçam risco de ruptura de suas partes, projeção de peças ou de material em processamento só devem ser utilizadas se dispuserem de proteções efetivas.

31.12.5. Os protetores removíveis só podem ser retirados para execução de limpeza, lubrificação, reparo e ajuste, ao fim dos quais devem ser, obrigatoriamente, recolocados.

31.12.6. Só devem ser utilizados máquinas e equipamentos móveis motorizados que tenham estrutura de proteção do operador em caso de tombamento, e dispor de cinto de segurança.

31.12.7. É vedada a execução de serviços de limpeza, de lubrificação, de abastecimento e de manutenção com as máquinas, equipamentos e implementos em funcionamento, salvo se o movimento for indispensável à realização dessas operações, quando deverão ser tomadas medidas especiais de proteção e sinalização contra acidentes de trabalho.

31.12.8. É vedado o trabalho de máquinas e equipamentos acionados por motores de combustão interna, em locais fechados ou sem ventilação suficiente, salvo quando for assegurada a eliminação de gases do ambiente.

31.12.9. As máquinas e equipamentos, estacionários ou não, que possuem plataformas de trabalho, só devem ser utilizados quando dotados de escadas de acesso e dispositivos de proteção contra quedas.

31.12.10. É vedado, em qualquer circunstância, o transporte de pessoas em máquinas e equipamentos motorizados e nos seus implementos acoplados.

31.12.11. Só devem ser utilizadas máquinas de cortar, picar, triturar, moer, desfibrar e similiares que possuírem dispositivos de proteção, que impossibilitem o contato do operador ou demais pessoas com suas partes móveis.

31.12.12. As aberturas para alimentação de máquinas que estiverem situadas ao nível do solo ou abaixo deste devem ter proteção que impeça a queda de pessoas no interior das mesmas.

31.12.13. O empregador rural ou equiparado deve substituir ou reparar equipamentos e implementos, sempre que apresentem defeitos que impeçam a operação de forma segura.

31.12.14. [...]

31.12.15. O empregador rural ou equiparado se responsabilizará pela capacitação dos operadores de máquinas e equipamentos, visando ao manuseio e à operação seguros.

31.12.16. Só devem ser utilizados máquinas e equipamentos motorizados móveis que possuam faróis, luzes e sinais sonoros de ré acoplados ao sistema de câmbio de marchas, buzina e espelho retrovisor.

31.12.17. Só devem ser utilizados máquinas e equipamentos que apresentem dispositivos de acionamento e parada localizados de modo que:

- possam ser acionados ou desligados pelo operador na sua posição de trabalho;
- não se localizem na zona perigosa da máquina ou equipamento;
- possam ser acionados ou desligados, em caso de emergência, por outra pessoa que não seja o operador;
- não possam ser acionados ou desligados involuntariamente pelo operador ou de qualquer outra forma acidental;
- não acarretem riscos adicionais.

31.12.17.1. Nas paradas temporárias ou prolongadas, o operador deve colocar os controles em posição neutra, acionar os freios e adotar todas as medidas necessárias para eliminar riscos provenientes de deslocamento ou movimentação de implementos ou de sistemas da máquina operada.

31.12.18. Só devem ser utilizadas as correias transportadoras que possuam:

- sistema de frenagem ao longo dos trechos onde possa haver acesso de trabalhadores;
- dispositivo que interrompa seu acionamento quando necessário;
- partida precedida de sinal sonoro audível que indique seu acionamento;
- transmissões de força protegidas com grade contra contato acidental;
- sistema de proteção contra quedas de materiais, quando instaladas em altura superior a dois metros;
- sistemas e passarelas que permitam que os trabalhos de manutenção sejam desenvolvidos de forma segura;
- passarelas com guarda-corpo e rodapé ao longo de toda a extensão elevada onde possa haver circulação de trabalhadores;
- sistema de travamento para ser utilizado quando dos serviços de manutenção.

31.12.19. Nos locais de movimentação de máquinas, equipamentos e veículos, o empregador rural ou equiparado deve estabelecer medidas que complementem:

- regras, de preferência de movimentação;
- distância mínima entre máquinas, equipamentos e veículos;
- velocidades máximas permitidas de acordo com as condições das pistas de rolamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 15. Norma Regulamentadora 15, Atividades e Operações Insalubres, it 15.1.1, Anexo 1; NR 31. Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aqüicultura.** Portaria 3.214, de 8 de junho de 1978. Disponível em: <www.mte.gov.br>. (Buscar em <Segurança e Saúde no Trabalho – Legislação.)

COOPER, W. A. **The ear, hearing, loudness, and hearing damage.** In: CROCKER, M. J. (Org.). Reduction of machinery noise. West Lafayette-USA: Purdue University, 1974. p. 43-50.

ETCHALUS, J. M.; XAVIER FILHO, J. P.; PILATTI, L. A. **Relação entre acidente do trabalho e a produtividade da mão-de-obra na construção civil.** Synergismus scientifica, Pato Branco: SAEPE/JICC e MosTec – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2006.

MACHLINE, C. et al. **Manual da administração da produção.** 7. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 1984.

CAPÍTULO 13

FUNÇÕES DA EQUIPE DA ALGODOEIRA

A condução de uma usina de beneficiamento exige cada vez mais organização e qualificação de pessoal. Dentro da estrutura organizacional da usina deve haver uma equipe de colaboradores aptos a exercer as funções que lhes forem deliberadas, as quais terão um impacto direto nos resultados finais. É importante entender as funções pertinentes e as responsabilidades competentes a cada cargo. As usinas possuem necessidades distintas com relação à formação de equipes operacionais, de acordo com sua classe: usinas de alta produção modernas ou usinas de baixa produção. O beneficiamento precisa ter profissionais capacitados. Esta capacitação é adquirida em treinamentos técnicos, que respondem às necessidades operacionais e gerenciais e, treinamentos de segurança.

Foto: Cotimes do Brasil

FUNÇÕES DA EQUIPE DA ALGODOEIRA

Paulo V. Ribas
Cotimes do Brasil
Primavera do Leste-MT
paulo@cotimesdobrasil.com.br

1. Princípios gerais

As usinas de beneficiamento são unidades de negócios que fazem parte de um processo macro de produção na cadeia da cotonicultura. Trata-se de uma importante etapa que praticamente finaliza e prepara a produção para o mercado, devendo ser administrada e conduzida de forma séria e profissional. Portanto, as pessoas devem efetuar suas atividades e operações visando à segurança dos colaboradores e equipamentos e de forma que tragam a rentabilidade ao seu proprietário, produtor ou prestador de serviços, atendendo a seus objetivos e metas, planejados e previstos em cada safra.

Para isso, é importante que o proprietário da usina tenha conhecimento em relação aos processos produtivos e às necessidades operacionais e organizacionais. Normalmente, as tomadas de decisões referentes a quaisquer investimentos mais significativos são efetuadas pelo próprio dono, que, se estiver baseado num suporte técnico-administrativo somado a uma prática e documentação objetiva de dados e informações, terá mais segurança, confiança e tranquilidade para avançar.

Dentro da estrutura organizacional da usina deve haver uma equipe de colaboradores aptos a exercer as funções que lhes forem deliberadas, as quais terão um impacto direto nos resultados esperados pelo industrial do beneficiamento, pelos produtores e clientes. Portanto, deve haver uma escolha criteriosa da mão-de-obra a ser utilizada e também condições adequadas para o desenvolvimento das atividades. Fatores como capacitação na área, iniciativa, comprometimento e interesse devem ser considerados numa seleção. Uma empresa especializada em recrutamento pode auxiliar este trabalho, de forma objetiva e profissional.

As equipes precisam ser dimensionadas de acordo com a capacidade de cada usina, de forma a atender e obedecer aos limites operacionais estabelecidos por lei (carga horária, turnos, etc.), preservando a saúde ocupacional de seus integrantes. É importante lembrar que as leis trabalhistas no Brasil estão cada vez mais exigentes quanto às competências e capacitação do pessoal, que devem atender às necessidades de acordo com o grau de informatização e automação da usina, a segurança, o nível gerencial e os objetivos gerais a que se propõe. Por este motivo, sugere-se modelar uma organização de cargos e funções compatíveis com essas necessidades.

Para qualquer cargo e função, é indispensável que seja pensado um colaborador que possua perfil de agregar e interagir com a equipe, participativo em ações que demandem reatividade dentro de uma usina, como prevenção e combate a incêndios; ele deve ter iniciativa, respeitar e apoiar os colegas e superiores, ser observador, participativo, organizado, assíduo e conhecedor de premissas como a prática da segurança no trabalho. Também, dentro do possível, devem-se buscar indivíduos que sejam alfabetizados e com conhecimento mínimo em Informática Básica (redator, planilhas...).

Os quadros a seguir, baseados em trabalhos e levantamentos em muitas algodoeiras do Brasil, apresentam os principais cargos e funções indispensáveis a uma boa organização e desenvolvimento técnico-administrativo dos processos de beneficiamento. Neles, constam:

- Equipe Gerencial: gerente e maquinista (Quadros 13.1 e 13.2);
- Equipe de Descarga e Alimentação: operador do desmanchador de fardões ou piranheiro (Quadro13.3);
- Equipe do Descaroçamento: frentistas (Quadro13.4);
- Equipe da Prensagem: operador de prensa ou prenseiro e assistente de prenseiro, balanceiro ou marcador de fardos (Quadros13.5 e 13.6);
- Coordenador de Manutenção (Quadro13.7);
- Coordenador de Qualidade e Umidade (Quadro13.8).

2. Principais cargos na algodoeira

2.1. Equipe gerencial

Quadro 13.1. *Cargo de gerente.*

Descrição	– Voltado à administração geral dos processos; – Responsável por integrar campo, usina e mercado; – Comprometido com o desempenho geral, operacional e funcional do beneficiamento e seus colaboradores; – Analista de relatórios; – Responsável por avaliar e definir a necessidade e o momento oportuno de efetuar investimentos para usina e/ou buscar um apoio técnico especializado, que lhe dê suporte ao andamento das atividades.
Funções	– Planejar, de forma global, a safra de beneficiamento; – Organizar cronogramas e programação das atividades do beneficiamento; – Analisar os controles e registros, andamento do planejamento e das atividades programadas para a produção prevista para a safra e a entressafra; – Acompanhar as atividades e medições de indicadores; – Coordenar, supervisionar e proporcionar treinamentos, programas de capacitação e segurança para toda a equipe da algodoeira; – Auxiliar nas tomadas de decisões sobre manutenção e reparos do maquinário; – Ajudar o maquinista, quando necessário;
Qualificação	– Conhecer o processo global do beneficiamento e a gestão sobre usinas; – Ser criativo e inovador, atento aos avanços tecnológicos voltados ao beneficiamento; – Conhecer o sistema de operações da usina, máquinas, equipamentos e instrumentos, princípios de funcionamento, operação e necessidades de manutenção; – Conhecer a cadeia produtiva do algodão e seus processos, desde a lavoura até a indústria têxtil e mercado; – Conhecer sobre a qualidade da fibra, suas características extrínsecas e intrínsecas, análises laboratoriais.

Para um gerente de usina, a abrangência do leque de funções e qualificações não se limita às questões técnicas. Trata-se de um cargo com alguma autonomia para decisões e que, muitas vezes, indica ao proprietário as demandas necessárias para o bom funcionamento do sistema. Um exemplo é ponderar sobre a contratação ou a formação de parcerias com empresas de consultoria e assessoria especializada na área do beneficiamento, para efetuar avaliações e recomendações sobre o processo ou necessidades de melhorias e investimentos em máquinas, entre outros. Além disso, o cargo especifica um representante direto da empresa, que, portanto, deve desenvolver e manter uma liderança frente às equipes, fomentar as boas relações com os clientes e os colaboradores. Dentro deste panorama gerencial, deve conhecer a legislação trabalhista, ambiental e de segurança no trabalho, e também dominar a Informática Básica, Aplicativa e Analítica.

Quadro 13.2. *Cargo de maquinista.*

Descrição	– Voltado à operação e ao funcionamento geral da algodoeira; – Responsável pelo desenvolvimento dos trabalhos e da produção; – Comprometido com a interatividade da equipe x equipamentos x operação x segurança e com o desempenho da operação geral do processo; – Mantém o controle de todos os registros; – Efetua indicações e as argumenta sobre as necessidades para o bom funcionamento dos processos.
Funções	– Avaliar as condições e o estado físico do algodão a ser beneficiado (umidade, impurezas, volumes); – Avaliar as condições para o bom funcionamento da usina, a cada dia de safra; – Definir, em conjunto com o gerente, a sequência de máquinas a ser utilizada no processo, pelas condições do algodão e pela necessidade de contratos/mercado; – Analisar, planejar, programar e coordenar as manutenções de rotina e reparos menores; – Coordenar e dar suporte técnico aos membros da equipe; – Delegar e supervisionar as operações de limpeza e manutenção do ambiente da algodoeira.
Qualificação	– Conhecer a fundo os processos de produção e toda a relação lavoura/beneficiamento/mercado; – Ser criativo e inovador, atento aos avanços tecnológicos voltados ao beneficiamento; – Conhecer o sistema de operações da usina, máquinas, equipamentos e instrumentos, princípios de funcionamento, operação e necessidades de manutenção; – Conhecer a cadeia produtiva do algodão e seus processos, desde a lavoura até a indústria têxtil e mercado; – Conhecer a qualidade da fibra, suas características extrínsecas e intrínsecas, análises laboratoriais; – Possuir noções básicas de operação e manutenção do sistema elétrico da usina; – Ter noções básicas sobre sistemas e dispositivos de gás e de outras formas de geração de calor (caldeira, fornalha); – Conhecer tecnicamente a gestão de umidade e de limpeza do processo de beneficiamento.

No enfoque gerencial, o maquinista tem um papel muito importante, porque é o elo operacional direto entre o gerente e os colaboradores. De suas ações diretas depende a organização da equipe. Da mesma forma, o cargo possui uma abrangência de funções que não se resumem à questão técnica. Precisa também se envolver com outras questões, como a capacitação dos colaboradores, legislação ambiental e trabalhista, transporte e armazenamento dos produtos não processados ou a processar, e os controles de indicadores de metas e resultados estabelecidos pela empresa.

Somado a isto, deverá agregar a habilidade para lidar com visitantes, clientes e colaboradores, dar suporte ao gerente nas tomadas de decisões voltadas a investimentos e contratações, rotinas de operação e funcionamento das máquinas. Por esse motivo, é bastante comum, no Brasil, a equipe contar com um membro auxiliar de maquinista, que dá o apoio necessário para operacionalizar as ações, pois é necessário um auxiliar direto para assessoramento e substituição em casos esporádicos ou programados, além de ser um substituto direto e aspirante natural ao cargo de maquinista.

2.2. Equipe de descarga e alimentação

Quadro 13.3. *Cargo de operador de desmanchador de fardões (piranheiro).*

Descrição	– Voltado à alimentação da usina com algodão em caroço; – Responsável pelo abastecimento da pista, operação e funcionamento do desmanchador de fardões e sistema de transporte do material para dentro da usina; – É comprometido com a interatividade da equipe x equipamentos x operação x segurança, e com o desempenho de operação global do processo.
Funções	– Coordenar o abastecimento da pista de fardões, em conjunto com o maquinista; – Operar o desmanchador de fardões; – Auxiliar nos serviços de manutenção preventiva ou corretiva do desmanchador, fita (correia), ou outros a que for convocado; – Avaliar as condições de funcionamento e estado físico das peças, acessórios de reposição e estrutura do desmanchador; – Observar, no algodão do fardão, os níveis de umidade, impureza, e comunicar ao maquinista ou coordenador de qualidade.
Qualificação	– Conhecer a operação das máquinas, princípios de funcionamento e de manutenção do desmanchador e fita (correia).

No Brasil, o cargo de operador do desmanchador de fardões geralmente tem uma ação direta no desempenho das usinas antigas em função de ser o controlador, muitas vezes manualmente, que fornece o ritmo da alimentação. Nas usinas modernas, isto já é mais automatizado, assim como em algumas usinas de processos antigos. Porém, embora a tecnologia avance, o controle visual de algumas ações é importante para a continuidade da produção. O piranheiro, como é comumente chamado o operador, pode contribuir muito em indicações sobre as necessidades do abastecimento da usina e das máquinas de descarga, para o seu bom funcionamento.

2.3. Equipe do descaroçamento

O descaroçamento é a principal função de uma usina. É o coração do processo. A responsabilidade do cargo de operador de descaroçador, mais conhecido como frentista, é primordial para a obtenção de qualidade e rentabilidade da usina. Está diretamente ligado à produtividade e a custos, necessitando, portanto, de mão-de-obra que possa absorver todas as funções previstas no quadro. Seja numa usina moderna de alto rendimento ou numa usina de processo antigo de baixo rendimento, o simples ato de controlar e evitar um embuchamento liga-se a um fato maior de evitar um incêndio, de perdas irreparáveis e prejuízos relevantes. No Brasil, este é um ponto crítico, que deve ser trabalhado de forma muito profissional e bem definida pelos donos, gerentes e maquinistas nas usinas: deve-se selecionar bem esse candidato quanto à sua real capacitação e comprometimento.

Quadro 13.4. *Cargo de operador de descaroçador (frentista).*

Descrição	– Voltado à operação, preservação, proteção e bom funcionamento do descaroçador, bem como, à qualidade do descaroçamento e da fibra resultante. – É comprometido com a interatividade da equipe x equipamentos x operação x segurança, e com o desempenho do descaroçador e da operação global do processo.
Funções	– Auxiliar nos serviços de manutenção preventiva ou corretiva dos descaroçadores, ou outros a que for convocado; – Avaliar as condições de funcionamento e estado físico das peças, acessórios de reposição e estrutura do descaroçador; – Observar, no algodão em benefício, os níveis de umidade, impureza, volume e desempenho de descaroçamento; – Definir, em conjunto com o maquinista, os ritmos e regulagens a serem estabelecidos para a produção; – Observar anomalias no benefício e formação de embuchamentos, possíveis focos de incêndio; – Observar o funcionamento, conservação e limpeza dos limpadores de pluma.
Qualificação	– Conhecer a operação das máquinas, princípios de funcionamento e de manutenção do descaroçador; – Possuir noções sobre a cadeia produtiva do algodão e seus processos, desde a lavoura até a indústria têxtil; – Conhecer a qualidade da fibra e ter noções sobre as suas características.

A avaliação do frentista com relação ao descaroçamento que está sendo efetivado é importante para adotar medidas corretivas e de melhorias nesse processo. As informações poderão dar suporte às decisões operativas do maquinista e outras, pelo gerente. Também cabe ao frentista procedimentos pontuais e importantes em casos especiais como incêndio, o que será tratado no capítulo 12 sobre segurança.

Figura 13.1. *Operador de descaroçador ou frentista.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2008).*

2.4. Equipe de prensagem

Quadro 13.5. *Cargo de operador de prensa (prenseiro).*

Descrição	– Voltado à operação, preservação, conservação e ao funcionamento geral da prensa pela qual é responsável; – É comprometido com a interatividade da equipe x equipamentos x operação x segurança e com o desempenho de operação global do processo.
Funções	– Auxiliar nos serviços de manutenção preventiva ou corretiva da prensa, ou outros a que for convocado; – Avaliar as condições de funcionamento e estado físico das peças, acessórios de reposição e estrutura da prensa; – Observar a limpeza e possíveis vazamentos de óleo na prensa; – Observar a regularidade da manta de fibra na bica, a frequência de operação do calcador e o nível de amperagem, para o controle de giro; – Dispor e organizar, para uso, os insumos necessários (arame ou fita, sacão ou tela); – Efetuar a amarração do fardo (arame ou fita).
Qualificação	– Conhecer a operação das máquinas, princípios de funcionamento, de segurança e de manutenção da prensa.

Quadro 13.6. *Cargo de assistente de prensa, balanceiro ou apontador de fardos.*

Descrição	– Voltado ao apoio dos serviços do prenseiro, embalagem, pesagem, identificação e transporte do fardo, da prensa até a balança e à área de espera. – É comprometido com a interatividade da equipe x equipamentos x operação x segurança e com o desempenho de operação global do processo.
Funções	– Observar a operação da prensa e auxiliar o prenseiro, se necessário; – Coletar amostras de cada fardo; – Embalar o fardo e colocar a etiqueta de identificação; – Transportar o fardo da prensa para a balança e, depois, para a área de espera; – Efetuar a pesagem, o registro do peso e manter o controle sobre os fardos, como fardão de origem; – Observar o bom funcionamento da balança de fardos.
Qualificação	– Conhecer a operação da balança de fardos; – Ter noções básicas sobre o funcionamento e a manutenção da prensa e a amarração dos fardos; – Conhecer sobre embalagem e identificação de fardos; – Conhecer sobre coleta de amostras do fardo.

O operador de prensa tem um papel muito relevante na produtividade da usina, pois qualquer problema na prensa tem uma repercussão imediata sobre o ritmo de beneficiamento. O comprometimento do operador de prensa com a observação do funcionamento, manutenção preventiva e segurança é primordial. Suas indicações são de grande valia para a melhoria e o bom funcionamento do sistema.

Figura 13.2. *Equipe de prenseiros e auxiliares em usina moderna.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2008).*

2.5. Coordenador e encarregado da manutenção

No Brasil, é pouco usual um cargo específico para a manutenção. Normalmente, é o maquinista e seu auxiliar que assumem esse papel. Porém, com as diversas funções que têm sobre sua responsabilidade, acabam por ficar sobrecarregados e não conseguem atender a todas as necessidades, nem mesmo identificá-las para poder planejar alguma ação.

Este cargo específico da manutenção é estratégico para a produtividade e a qualidade dos produtos[1]. O coordenador de manutenção pode ser um auxiliar de maquinista ou aspirante ao cargo de maquinista, com a condição de ser especializado e dispor do tempo necessário para um trabalho sistemático, planejado e de qualidade.

Quadro 13.7. *Coordenador de manutenção.*

Descrição	– Voltado à operação e ao funcionamento geral da algodoeira, suas etapas de produção, à organização e execução da manutenção das máquinas, reposição e estoques de peças para a atividade; – Indica e apoia o maquinista em tomadas de decisões voltadas ao funcionamento da usina; – É comprometido com a interatividade da equipe x equipamentos x operação x segurança e com o desempenho de operação global do processo; – Efetua indicações, argumentando sobre as necessidades para o bom funcionamento da usina.
Funções	– Levantar dados e informações, através de documentação de registros disponíveis; – Efetuar inspeções pessoais diárias nas máquinas em todo o processo, almoxarifado e oficinas; – Efetuar entrevistas e reuniões com colaboradores, a fim de auxiliar nos planos das manutenções preditivas, preventivas e corretivas na usina; – Organizar, planejar, customizar e programar, juntamente com o maquinista e o gerente da usina, as manutenções de rotina e reparos; – Coordenar e convocar auxílio para as manutenções programadas e corretivas da usina; – Acompanhar, com o maquinista, os ritmos e regulagens a serem estabelecidos para a produção; – Auxiliar os operadores da usina, sempre que necessário.
Qualificação	– Conhecer a operação das máquinas, princípios de funcionamento e de manutenção; – Ter noções de mecânica, tornearia, soldas, eletricidade e outros dispositivos; – Conhecer o manuseio e o funcionamento de instrumentos de medição (volti-amperímetro, termo-higrômetro, etc.); – Possuir noções sobre a cadeia produtiva do algodão e seus processos, desde a lavoura até a indústria têxtil; – Possuir noções sobre a qualidade da fibra e suas características.

[1] - Ver a Parte 10 deste Manual, referente à manutenção.

2.6. Coordenador do controle de qualidade e umidade do algodão

Da mesma forma que o cargo de Coordenador de Manutenção, no Brasil, também é pouco usual o cargo para o controle da qualidade do beneficiamento e da umidade do algodão. Geralmente, o maquinista só efetua, ou delega alguém para fazer, uma medição de umidade do algodão em caroço no fardão e, eventualmente, em alguns fardos de fibra prontos. Também eventualmente é efetuada uma classificação do algodão em caroço antes de beneficiá-lo.

O nível de perdas no processo de beneficiamento justamente em função da falta de acompanhamento e controle, bem como, de conhecimento sobre as práticas e gestão de umidade, é de grande monta e impactante quando visualizado pelo industrial, cliente, acionistas e gestores. Trata-se de uma perda invisível que, por não ser vista, não é sentida e geralmente não é considerada.

A umidade do algodão em caroço e as impurezas trazidas da colheita determinam a produtividade da usina e a qualidade da fibra resultante. Uma gestão afinada destes dois fatores renderá bons lucros a cada safra e pagará suficientemente o profissional do cargo. A interação entre colheita e beneficiamento é grande e, com frequência, o produtor perde muito no beneficiamento, pensando ganhar na colheita com velocidades altas e placas apertadas. O Coordenador de Qualidade e Umidade pode trazer muita melhoria no custo-beneficio global dessas duas operações, pela relação que pode reforçar entre equipes e melhorias que deve sugerir, baseado em conhecimento da colheita e do beneficiamento, das medições e observações da qualidade da fibra produzida. Este é um cargo normalmente usado por empresas de grande porte e se envolve em quase todas as etapas do processo de beneficiamento. Também é opcional nas usinas e deve ser ocupado por um colaborador, no mínimo, com nível técnico, pois exige um conhecimento mais apurado, por ser estratégico. Para tal, é indispensável o uso de instrumentos de medição e um mínimo de capacitação do colaborador designado ao cargo.

Quadro 13.8. *Coordenador de qualidade e umidade do algodão.*

Descrição	– Voltado à análise das condições físicas do algodão em caroço antes de iniciar o processo de beneficiamento, através da avaliação do índice de impurezas e umidade no fardão; – Gestão sistemática da secagem para o processo de limpeza, da umidificação do algodão em caroço e da fibra a ser enfardada; – Análise e avaliação geral do funcionamento do processo voltado a resultados estabelecidos pela empresa, buscando qualidade, eficiência e redução de custos.
Funções	– Levantar e registrar dados e informações através de medições sistemáticas da umidade do algodão em caroço nas diversas etapas do processo e da fibra, antes e depois do enfardamento; – Definir parâmetros para a regulação do funcionamento (ritmo, temperaturas, umidade); – Analisar a documentação de registros disponíveis; – Efetuar medições e inspeções pessoais diárias nos sistemas geradores de calor que originam a secagem e a umidificação; – Manter informada a equipe gerencial sobre os níveis e regularidade da secagem e umidificação da usina; – Definir parâmetros de qualidade para obter com o devido funcionamento do processo.
Qualificação	– Conhecer os processos de beneficiamento; – Conhecer sobre algodão em caroço e em pluma, a umidade e sua importância para o beneficiamento; – Possuir noções básicas sobre a qualidade da fibra e suas características; – Possuir noções sobre a cadeia produtiva do algodão e seus processos, desde a lavoura até a indústria têxtil; – Conhecer indicadores, metas e resultados; – Ter noções básicas sobre métodos de colheita.

3. Formação de equipes operacionais

As usinas de beneficiamento podem ser divididas em duas classes[1] e possuem necessidades distintas com relação à formação de equipes operacionais:

- Usinas de Alta Produção – Chamadas de máquinas modernas, cujos processos são projetados para alta capacidade de processamento, utilizando equipamentos com alta tecnologia (Lummus, BUSA, Continental). Geralmente compostas com 1, 2, 3 ou mais descaroçadores de alta capacidade (170-201 serras);

[1] - Neste trabalho, usamos as nomenclaturas “usinas modernas e/ou antigas”.

- Usinas de Baixa Produção – Conhecidas como usinas de desenho antigo. Geralmente, possuem máquinas com longo tempo de operação, 30 a 50 anos, utilizadas nos períodos de iniciação do algodão no Brasil, projetadas para processar algodão de colheita manual (Piratininga, Murray, Centenial, Lummus, Continental, entre outras). São compostas com 1 ou 2 conjuntos de 5 ou 6 descaroçadores (80-90 serras). Embora existam máquinas novas de fabricação atual, que utilizam alguns acessórios e dispositivos tecnológicos modernos e de automação, permanecem com projetos de engenharia antigos, que eram voltados para a colheita manual, porém com adaptações periféricas e complementares (pré-limpeza) para o algodão colhido mecanicamente (Candeloro, R&V, Algoden, entre outros).

Através de um levantamento efetuado em diversas usinas especializada em beneficiamento de algodão, pela empresa de consultoria Cotimes do Brasil, apesar das diversas configurações de opções para formação das equipes, há uma predominância no país que sugere a formação de equipes-base para operações das usinas antigas e modernas, assim constituídas:

Tabela 13.1. *Número de colaboradores por tipo de usina (média).*

Cargo	Usina Antiga (2 conjuntos)	Usina Moderna (2 descaroçadores)
Gerente	1	1
Maquinista	2	2
Auxiliar de Maquinista	2	-
Coordenador de Manutenção	1	1
Eletricista	1	1
Coordenador de Qualidade e Umidade	1	1
Operador do Desmanchador de Fardões (Piranha)	4	2
Operador do Descaroçador (Frentista)	8	2
Operador de Prensa (Prenseiro)	4	2
Operador de Balança / Apontador de Fardos	2	2
Operador de Fibrilha	2	-
Serviços Gerais	5	4
Total	33	20

As funções de movimentação e armazenamento de fardões e fardos (operador de transmódulo, operador de empilhadeira e emblocador), bem como, carregamento de caroço (operador de pá carregadeira) devem ser estabelecidas pelo proprietário ou gerente, de acordo com o dimensionamento das capacidades de armazenagem e movimentação da usina.

Muitas usinas criam e determinam novos cargos, de acordo com suas necessidades, porém a capacitação e a segurança no trabalho são pontos bases que devem ser considerados e devidamente avaliados nesses casos, assim como o custo-benefício que o cargo e suas funções somarão às atividades da usina.

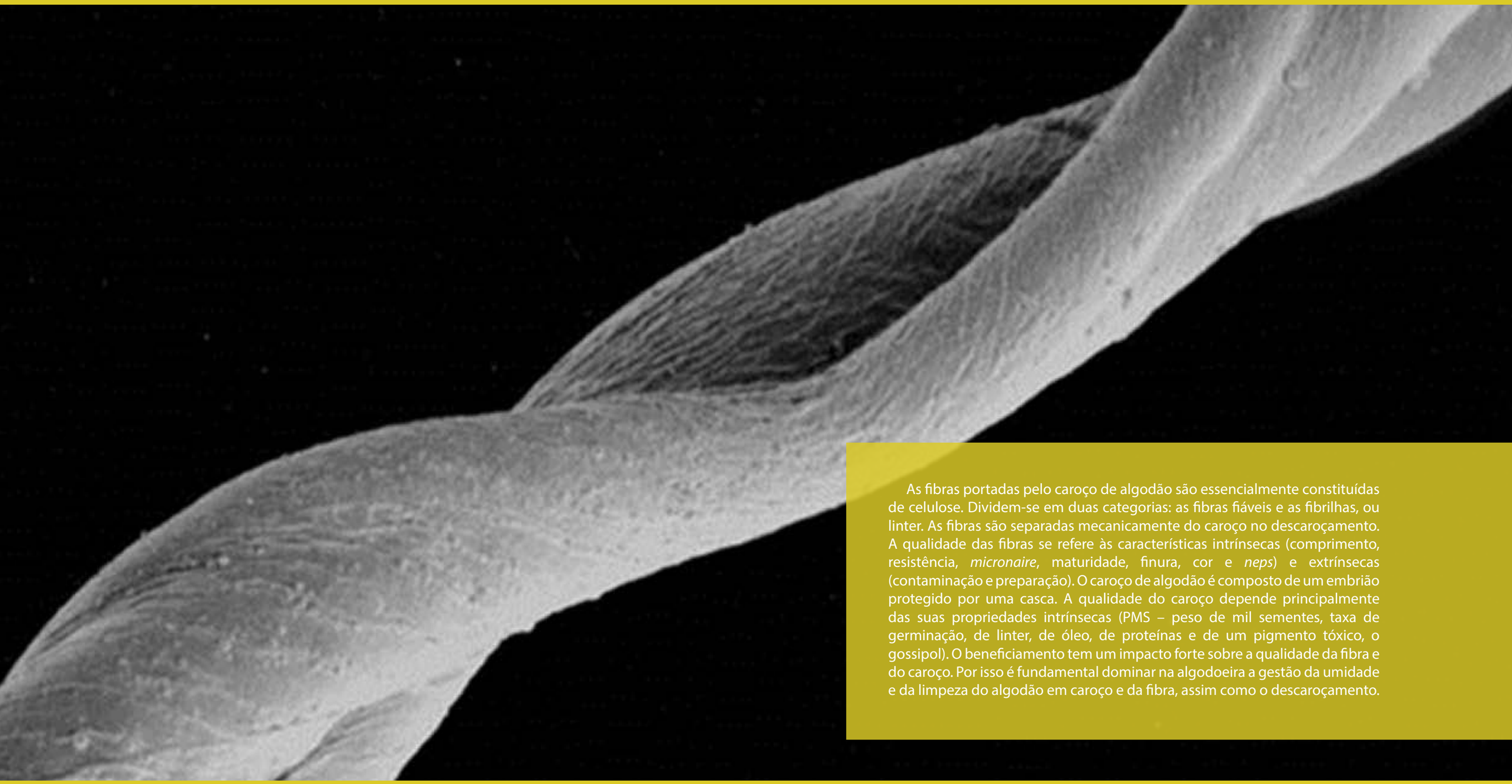
O beneficiamento precisa de profissionais capacitados. Os treinamentos técnicos (Figura 13.3) respondem às necessidades operacionais e gerenciais. Os treinamentos de segurança devem ser uma constante nas rotinas das usinas e o curso da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) é indispensável. As atividades numa usina de beneficiamento são, na maioria, de alto risco ou de danos impactantes. As práticas de prevenção e de combate a incêndios devem ser constantemente praticadas coletivamente e individualmente, em cada etapa do processo, tendo cada cargo bem definida sua função e procedimento nesses casos.

É importante que os proprietários, gerentes ou responsáveis pelas usinas tenham em mãos, bem definidas, todas as funções correspondentes a cada cargo existente, independente de sua hierarquia. O papel gerencial é de total relevância para que os colaboradores estejam todos engajados e motivados, alcançando, assim, todos os objetivos da empresa.

Figura 13.3.*Treinamento de equipe em uma usina.*
(Foto: *Cotimes do Brasil, 2008).*

CAPÍTULO 14

QUALIDADE DA FIBRA E DO CAROÇO



As fibras portadas pelo caroço de algodão são essencialmente constituídas de celulose. Dividem-se em duas categorias: as fibras fiáveis e as fibrilhas, ou linter. As fibras são separadas mecanicamente do caroço no descaroçamento. A qualidade das fibras se refere às características intrínsecas (comprimento, resistência, *micronaire*, maturidade, finura, cor e *neps*) e extrínsecas (contaminação e preparação). O caroço de algodão é composto de um embrião protegido por uma casca. A qualidade do caroço depende principalmente das suas propriedades intrínsecas (PMS – peso de mil sementes, taxa de germinação, de linter, de óleo, de proteínas e de um pigmento tóxico, o gossipol). O beneficiamento tem um impacto forte sobre a qualidade da fibra e do caroço. Por isso é fundamental dominar na algodoeira a gestão da umidade e da limpeza do algodão em caroço e da fibra, assim como o descaroçamento.

Foto: R. Goynes (USDA-ARS SRRC New Orleans)

Bruno Bachelier
CIRAD
Montpellier, França
bruno.bachelier@cirad.fr

Jean-Luc Chanselme
Cascavel-PR

QUALIDADE DA FIBRA E DO CAROÇO

1. Qualidade da fibra

1.1. Estrutura e composição

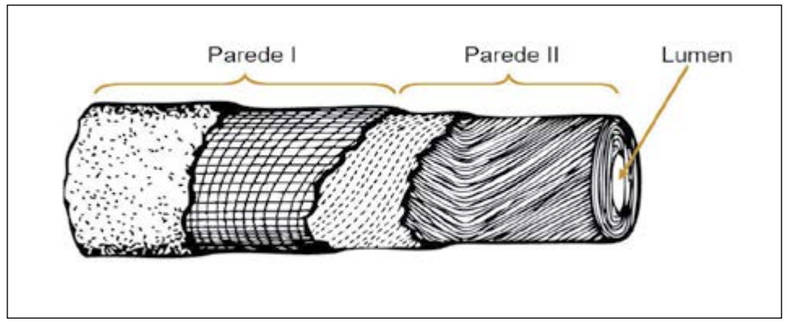


Figura 14.1. *Estrutura da fibra de algodão. (Parry, 1981, p. 226).*

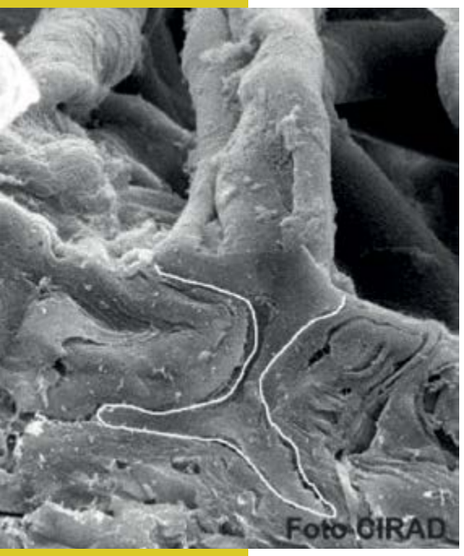


Figura 14.2. *Inserção da fibra no caroço. (*Foto: *CIRAD, 1996).*

Cada fibra de algodão origina-se de uma célula única do tegumento do caroço, que cresce muito em comprimento e se enche, por depósito progressivo de celulose, contra a parede primária (Figura 14.1).

Na base, o pé estreito mantém a fibra solidária da camada externa da casca do caroço (Figura 14.2). Quando uma força puxa a fibra, a estrutura fina do pé favorece a ruptura da fibra na base, deixando uma cratera na superfície do caroço. Neste caso, o comprimento da fibra é preservado.

Na abertura do capulho, a fibra resseca e pega uma forma mais ou menos torcida, dependendo da importância do depósito de celulose.

As fibras portadas por um caroço são de duas categorias: a fibra fiável, ou *lint*, de comprimento de 25 a 45 mm dependendo da espécie de algodoeiro, e a fibrilha, ou *linter*, de comprimento máximo de alguns milímetros. Um caroço comporta cerca de 10.000 fibras, e de 5 a 10.000 fibrilhas.

Fonte: *CIRAD, 1996.*

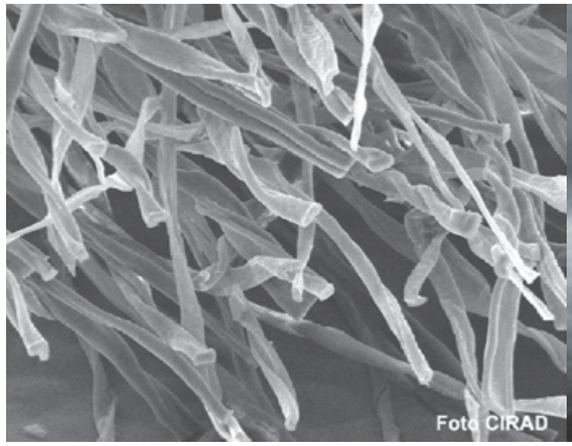


Figura 14.3. *Heterogeneidade de forma.* (Foto: *CIRAD, 1996).*

Figura 14.4. *Heterogeneidade de cor.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2008).*

A fibra de algodão é uma fibra natural, matéria biológica e um produto agrícola. Apresenta heterogeneidade de forma (Figura 14.3), de cor (Figura 14.4) e contaminação por várias matérias estranhas (Figura 14.5).

Figura 14.5. *Contaminação por matérias estranhas.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2008).*

1.2. Características intrínsecas

1.2.1. Comprimento

Numa amostra de fibra, o comprimento é muito variável entre fibras (Figura 14.6). A distribuição do comprimento é caracterizada por vários parâmetros:

- O comprimento comercial, ou *pulling*, ou *staple*, é estimado visualmente por um classificador. É essencial para o valor de mercado do algodão, mas não é o mais importante para o usuário, pois representa apenas uma pequena parte da população de fibras. É importante para algumas regulagens na indústria têxtil;

- O comprimento *Upper Half Mean Length* (UHML) é fornecido pelos métodos físicos de análise (classificação instrumental). Fica próximo ao comprimento *staple*;

- O comprimento médio de todas as fibras é fornecido pelos métodos físicos. É mais bem relacionado com a resistência do fio do que o comprimento comercial;

- A uniformidade de comprimento é a taxa média de dois comprimentos. Ela expressa a sua regularidade ou homogeneidade. É o parâmetro *Uniformity Índex* (UI) da classificação instrumental;

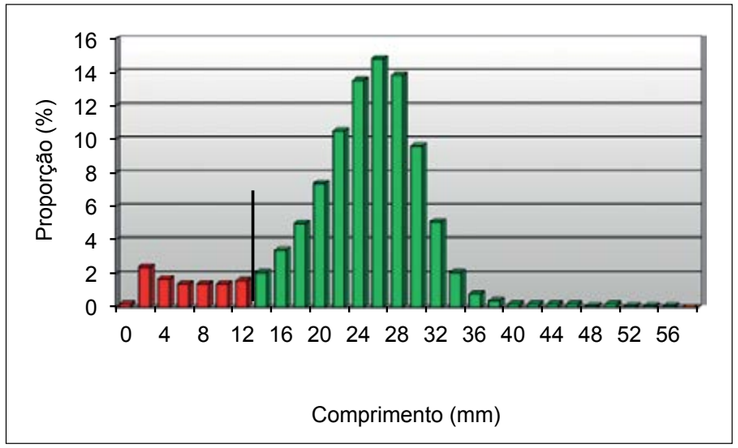


Figura 14.6. *Distribuição de comprimento e fibras curtas.* (*Cotimes, 2003).*

- A taxa de fibras curtas expressa a porcentagem de fibras de comprimento menor do que meia polegada, ou seja, 12,7 mm (Figura 14.6). Os instrumentos de classificação fornecem o *Short Fiber Index* (SFI) – a taxa de fibras curtas por peso.

1.2.2. Resistência

Quando uma força de alongamento é aplicada às extremidades de uma fibra, ela alonga. Além de uma certa força (variável dependendo das fibras), a fibra quebra. A resistência à ruptura medida num feixe de fibras é a força de tração necessária para romper o feixe em relação à sua massa linear.

A resistência ou tenacidade à ruptura da fibra é uma característica importante, pelas seguintes razões:

- As fibras resistentes são mais tolerantes a estresse mecânico no beneficiamento e na fiação. Baixa resistência envolve quebras e aumento da taxa de fibras curtas;

- A resistência da fibra influencia fortemente a resistência do fio e as quebras no decorrer do processo de fiação.

1.2.3. Maturidade, finura e índice *micronaire*

A maturidade representa a importância do espessamento da fibra com celulose. A espessura da parede secundária varia de acordo com as condições de cultivo. Uma parede grossa caracteriza uma fibra madura (Figura 14.7) e uma parede fina caracteriza uma fibra imatura. Em casos extremos, espessura insignificante corresponde a uma fibra morta (Figura 14.8). A maturidade influencia a resistência da fibra e fibras imaturas quebram-se facilmente, afetando negativamente os parâmetros de comprimento. Quanto mais madura é a fibra, melhor ela responderá ao tingimento (Figura 14.9).

A finura linear de uma fibra (H) se expressa pela massa por unidade de comprimento (militex). Depende do perímetro exterior da fibra e do seu enchimento em celulose. Fibras com baixa finura linear permitem fabricar fios finos. Se todas as outras características forem iguais e considerando-se a fibra individualmente, quanto mais fina ela for, menor será a sua resistência. A finura intrínseca (Hs) representa a finura para um nível de maturidade dado. É uma característica fortemente dependente da variedade.

O índice *micronaire* é um parâmetro que combina a maturidade e a finura intrínseca da fibra. Para uma mesma variedade, as variações de *micronaire* refletem as de maturidade. Mas, quando se trata de comparar variedades, distintos *micronaires* podem originar tanto diferenças de finura quanto de maturidade, o que tem significado para a indústria têxtil.

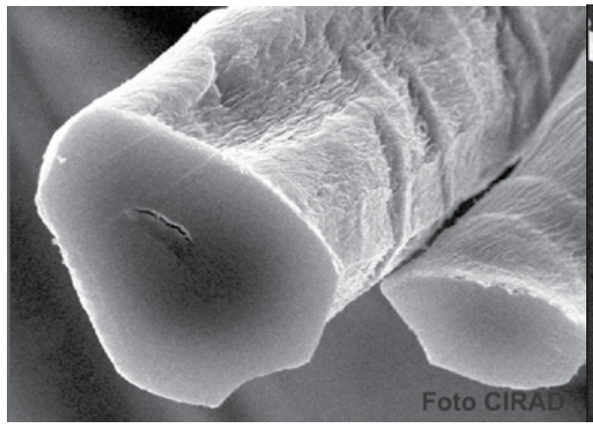


Figura 14.7. *Espessura da parede.* (Foto: *CIRAD, 1996).*

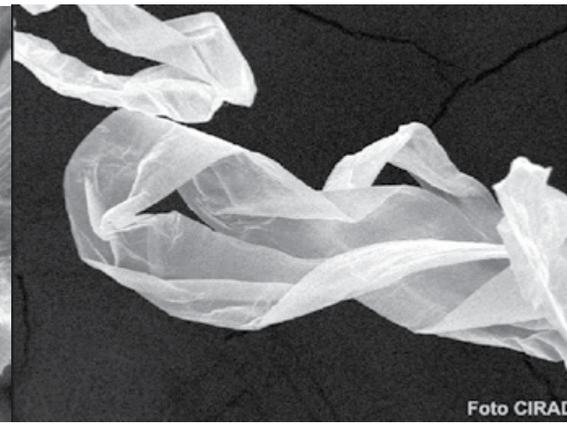


Figura 14.8. *Fibra morta.* (Foto: *CIRAD, 1996).*

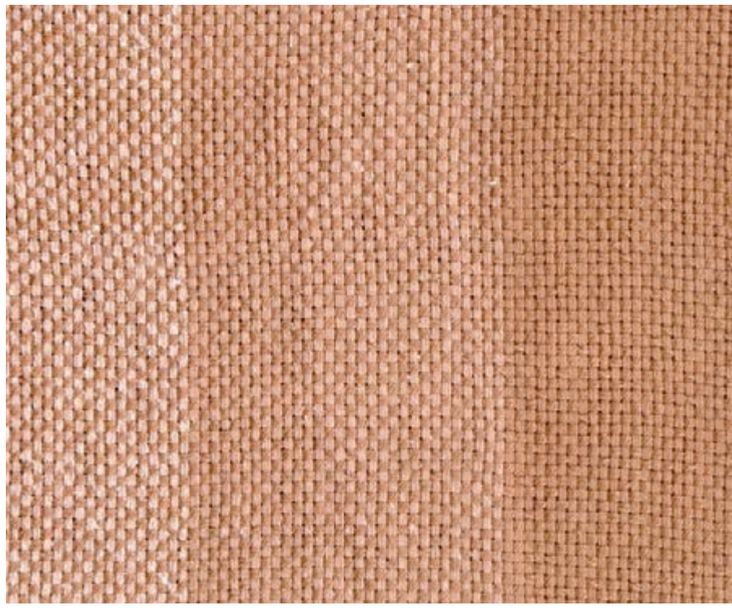


Figura 14.9. *Efeito da maturidade das fibras sobre o tingimento de um tecido de algodão.* (Foto: *CIRAD, [2000]).*

1.2.4. Cor

A cor entra na determinação do grau comercial e o mercado considera a sua importância. Ela tem dois componentes: a reflectância (Rd%) e o índice de amarelamento (+b). A reflectância ou brilho representa a capacidade de o algodão refletir a luz, com valores geralmente entre 40 e 85%. Um Rd% baixo indica um algodão opaco e cinza, e um Rd% alto um algodão brilhante.

Um algodão de pouco brilho pode ter sofrido agressões climáticas (chuvas, sol) que podem ter afetado outras características, como a resistência. O índice de amarelamento expressa a cor da luz refletida pelo algodão, do branco ao amarelo, com valores geralmente entre 4 e 18 (sem unidade). A cor amarela de um algodão pode ser genética, mas também decorrente da proteção fitossanitária insuficiente, secagem com temperaturas exageradas ou armazenagem prolongada.

A cor do algodão pode então dar indicações sobre as condições da sua produção.

1.2.5. *Neps*

Os *neps* são constituídos de fibras. Afetam o aspecto, a qualidade do fio e a do produto acabado. Existem dois grandes tipos de *neps* na fibra produzida na usina de beneficiamento:

Os "*neps fibra*" são formados exclusivamente de fibras em massa encarneirada e não organizada (Figura 14.10). Podem ter como origem:

- Fibras imaturas: neste caso, o *neps* tem um núcleo de 0,3 a 3 mm de diâmetro e um feixe de fibras de 5 a 10 mm de comprimento, podendo atingir 25 mm (SASSER e HINKLE, 1988). Ocasiona problemas de tingimento.
- Manipulações mecânicas da fibra na colheita e no beneficiamento (pré-limpeza, descaroçador, limpador de pluma) ou no início do processo de fiação: estes *neps* têm origem puramente mecânica e são chamados de "*neps* processo".

Os "*neps casca*" são formados de fibras portadas por fragmentos de casca de caroço arrancados durante a separação da fibra e do caroço no descaroçador (Figura 14.11). Uma parte dos *neps* de casca é removida pelos limpadores de pluma e cardas. Essas operações também fragmentam os *neps* casca em pedaços menores.

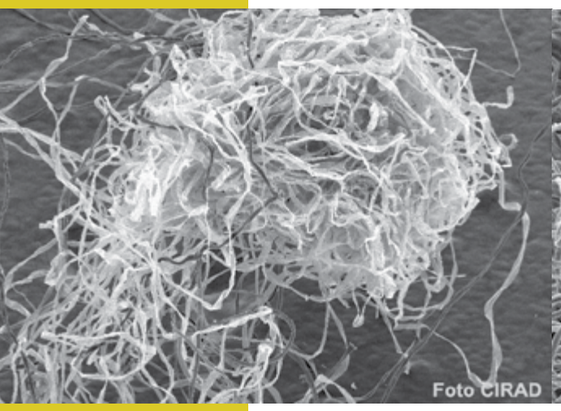


Figura 14.10. *Nep de fibra.* (Foto: *CIRAD, 1996).*

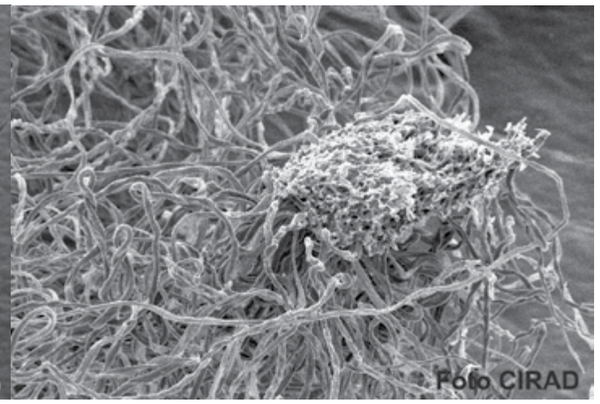


Figura 14.11. *Nep de casca de caroço.* (Foto: *CIRAD, 1996).*

1.3. Características extrínsecas

1.3.1. A contaminação

Os contaminantes são matérias estranhas introduzidas na fibra entre a abertura dos capulhos e a utilização na fiação. A presença de contaminantes é um problema importante para a indústria têxtil e gera uma perda de valor comercial da fibra, que pode ser alta no caso das fibras de caules ou da pegajosidade.

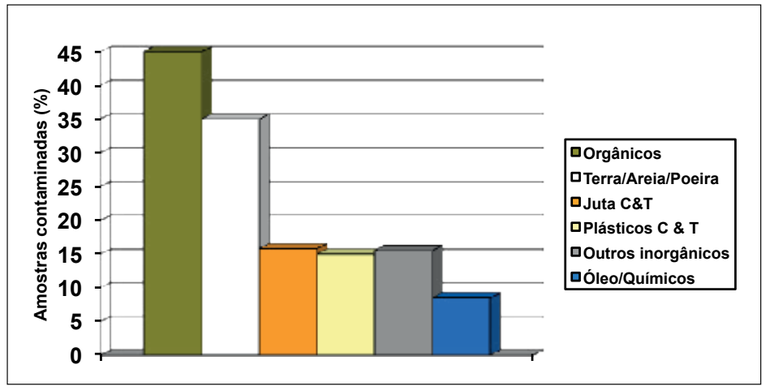


Figura 14.12. *Contaminação da fibra brasileira.* (Fonte: *ITMF, 2003-2009).*

Os principais contaminantes encontrados na fibra de algodão são as matérias vegetais, plásticas e minerais:

- fragmentos de folhas, gravetos, caules, caroço e de casca de caroço, levando ou não fibras;
- fibras vegetais de embalagem (algodão, juta);
- plástico na forma de fibras, cordas ou filme;
- matérias minerais (areia, poeira) ou metálicas;
- substâncias químicas, tais como graxa e óleo;
- dejetos açucarados (açúcares entomológicos).

No Brasil, a fibra de algodão apresenta uma contaminação principalmente orgânica (fragmentos vegetais) (Figura 14.12).

1.3.2. A preparação

A preparação é o aspecto irregular e encarneirado da amostra de fibra que apresenta mechas (Figura 14.13). Resulta de um tratamento violento (ritmo de beneficiamento alto) ou inadaptado (colheita deficiente e beneficiamento de algodão úmido) da fibra, que deixa um alto teor de *neps*.

Figura 14.13. *Amostra com preparação.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

Figura 14.14. *Corte de um caroço de algodão.* (Foto: *Cotimes, 2004).*

2. O caroço

2.1. Estrutura e composição

O caroço de algodão é constituído de um miolo, protegido por uma casca chamada tegumento, que traz fibras (Figura 14.14).

- O miolo (50 a 60% do peso do caroço) contém o embrião que, após a germinação, dará origem a um novo algodoeiro. O caroço é rico em óleo e proteínas.
- A casca (30 a 40% do peso do caroço) é formada de 6 camadas de células. A camada mais externa tem as fibras e fibrilhas. É essa que se arranca para formar os *neps* de casca.

2.2. Características intrínsecas

As principais características medidas no caroço de algodão são:

2.2.1. *Seed index* (massa de 100 caroços)

Geralmente, tem entre 5 e 15 g. Depende da variedade e igualmente das condições de cultura (solo, alimentação hídrica, competição com plantas daninhas). Um *seed index* baixo é associado ao caroço de pequeno tamanho (com risco de passar entre as costelas do descaroçador junto com a fibra) e/ou pouco desenvolvido (com risco de fibras imaturas).

2.2.2. Taxa de germinação (percentual de sementes com germinação normal)

É determinada por contagem (entre 4 e 12 dias) sobre 4 amostras de 100 sementes puras, deixadas a 25° C entre folhas de papel absorvente ou em cima de areia esterilizada. Permite garantir uma homogeneidade satisfatória da emergência e um bom stand.

2.2.3. Taxa de linter (massa de linter / massa de caroço)

Esta característica depende da variedade. Em geral, na saída do descaroçador, esta taxa não deve ultrapassar 10%. As variedades com taxa de linter elevada são mais difíceis de beneficiar e geram ritmos de beneficiamento reduzidos (Figura 14.15). O deslintamento consiste em eliminar o linter por método mecânico ou químico (ácido sulfúrico concentrado ou diluído), ou por queima. É necessário para a semeadura mecânica e permite a eliminação de sementes abortadas ou danificadas, entre várias outras vantagens.

2.2.4. Taxa de óleo e taxa de proteínas (sobre caroço deslintado com 0% de teor de água)

O nível dessas características depende principalmente da variedade. Em geral, tem entre 20 e 30% de óleo.

2.2.5. Taxa de gossypol (sobre caroço deslintado com 0% de teor de água)

Figura 14.15. *Caroço de algodão com linter.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

O gossypol é um composto polifenólico contido nas glândulas presentes em todas as partes aéreas do algodoeiro (salvo as variedades glandless, totalmente livres dele). Tem um papel inseticídico natural, porém é tóxico para os monogástricos, entre eles o ser humano. Precisa, então, ser eliminado do óleo destinado à alimentação humana. O teor varia de 0,3 a 20 g/kg de caroço.

3. Impacto do beneficiamento sobre a qualidade da fibra e do caroço

Os encarregados da usina devem entender e levar em conta a qualidade, para poder produzir o necessário ao cumprimento dos contratos, ou para conseguir contratos de lucro maior. O potencial de qualidade é máximo quando da abertura das maçãs. Depois, ocorre degradação antes e durante a colheita. O beneficiamento tem efeitos positivos e negativos, segundo as características de fibra e caroço consideradas (Quadro 14.1). O beneficiador tem um papel muito importante na qualidade.

As principais operações do processo de beneficiamento, que têm uma influência significativa sobre a qualidade dos produtos, são a gestão da umidade, a limpeza do algodão em caroço, o descaroçamento e a limpeza da fibra.

Quadro 14.1. *Efeitos do beneficiamento sobre a qualidade da fibra.*

Característica tecnológica	Gestão da umidade	Limpeza do AC	Descaroçamento	Limpeza da fibra
Comprimento, uniformidade e fibras curtas	++		+	++
Resistência	+			
Cor	+		+	++
Contaminantes	++	++	+	++
Preparação	++	+	++	++
Neps fibra	+	+	++	++
Neps casca	+		++	+

Fonte: *Cotimes, 2004.*

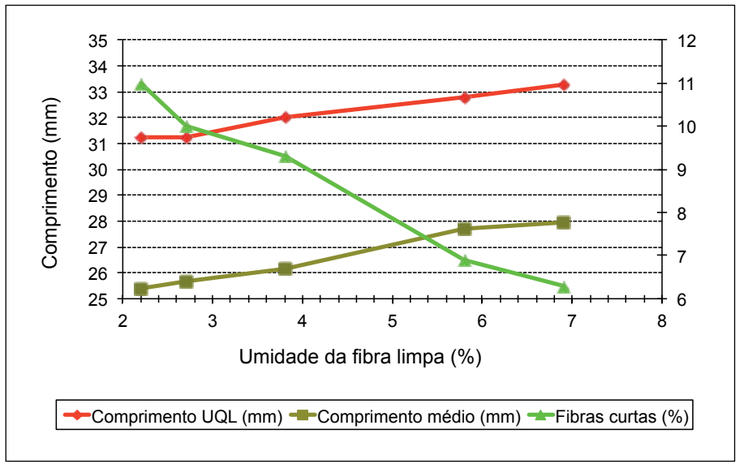


Figura 14.16. *Efeito da umidade da fibra durante o descaroçamento sobre os parâmetros de comprimento.* (Fonte: *Bachelier et al., 2005).*

A gestão da umidade procura o equilíbrio entre a limpeza e a preservação da fibra. Uma secagem do algodão em caroço bem executada permite limpá-lo e abri-lo, chegando a uma melhoria do grau (brilho, folha e preparação), porém uma secagem exagerada provoca perdas de resistência da fibra, de comprimento e aumento da taxa de fibras curtas, de afinidade para a tinta, e amarelamento; além disso, altas temperaturas de secagem podem acelerar a degradação do caroço úmido.

Quando a fibra é beneficiada seca, há o risco de que a ruptura da fibra ocorra em lugar distinto do pé, reduzindo o comprimento e criando fibras curtas. Há a necessidade de umidificar a fibra antes da sua entrada no descaroçador, para suportar melhor as agressões mecânicas e preservar os parâmetros de comprimento, importantes para o valor comercial (Figura 14.16).

A umidificação da fibra antes da prensagem não tem efeito positivo significativo sobre a sua qualidade, mas pode ter um efeito negativo muito grande quando se usa aspersão de água na bica:

- a fibra molhada gera apodrecimento e efeito papelão no fardo;
- ocorre o enrolamento exagerado da manta e o aspecto ruim das amostras (sanfonamento).

A limpeza do algodão em caroço tem como objetivos retirar as matérias estranhas trazidas pela colheita, abrir e homogeneizar o algodão em caroço. Os dois aspectos são fundamentais para a qualidade (grau, preparação e *neps*).

A limpeza do algodão em caroço deve ser privilegiada, pois consegue tirar as matérias estranhas antes do fracionamento pelos descaroçadores e limpadores de pluma, e provoca poucos desgastes à fibra e ao caroço.

O batedor (limpador) é essencial para melhorar o grau (folha, fragmentos vegetais, poeira e areia), por sua ação direta e efeito favorável nas outras fases do processo. O extrator traz muita melhoria do grau (redução das fibras de caules e fragmentos de casquinhas), mas representa um tratamento mecânico bastante violento. O alimentador moderno combina as duas técnicas e termina a limpeza e a abertura do algodão em caroço (sujeira grossa e fina).

Altas velocidades de ar nas tubulações de transporte podem danificar o caroço em particular, rachando o tegumento. Os batedores separam uma parte das sementes mal formadas ou abortadas.

O descaroçador é a chave da separação da fibra e do caroço, e tem um impacto muito forte sobre a sua qualidade. O tratamento mecânico pelo descaroçador de serras é violento e tem efeito negativo sobre os parâmetros de comprimento (comprimento comercial, uniformidade, taxa de fibras curtas), resistência, *neps* de fibra e de casca, tipo comercial pela preparação da fibra (criação de mechas) e caroço.

Para limitar os efeitos negativos e favorecer os positivos, é fundamental umidificar anteriormente o algodão em caroço e respeitar as regulagens, velocidades e ritmos recomendados. Os descaroçadores de alta capacidade não provocam mais desgastes quando utilizados conforme as recomendações do fabricante.

Ritmos de beneficiamento elevados e mau estado das serras e costelas de descaroçadores podem danificar fortemente o caroço, causando danos ao tegumento (Figura 14.17).

O dispositivo de cata-piolho permite separar as sementes fragmentadas ou abortadas, e contribui com a melhoria da qualidade da semente.

A limpeza da fibra tem como objetivo otimizar o seu valor comercial, pela melhoria do grau (cor, folha e preparação).

O limpador pneumático (centrífugo) não desgasta a fibra, mas também tem uma eficiência fraca, sem melhoria da preparação, conseguindo eliminar só uma parte das matérias de maior densidade, tal como o caroço e seus fragmentos, piolhos, fragmentos de casquinha e caules, e mechas grossas de fibra.

O limpador mecânico (de serra) é muito mais eficiente. Ele combina penteagem e limpeza, conseguindo uma melhoria significativa do tipo e da folha, mas com muitas quebras de fibra (redução dos parâmetros de comprimento). O limpador elimina uma parte dos *neps* de fibra, mas cria outros, e fragmenta os *neps* de casca. O limpador de serra tem regulagens com efeito sobre penteagem e limpeza, para conseguir os melhores compromissos entre melhoria do grau, de um lado, e danos à fibra e sua perda, do outro lado.

Figura 14.17. *Caroço danificado pelas serras.* (Foto: *Cotimes, 2004).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACHELIER, B.; GAWRYSIAK, G. e GOURLOT J.-P. **Preservation des caracteristiques technologiques des fibres de coton pendant les operations d'egrenage**. In: Atelier Régional de Formation UEMOA/UE/ ONUDI, Parakou-Benin, 2005.

Parry, G. (1981). **Le cotonnier et ses produits**. In Techniques Agricoles et Productions Tropicales. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris (FRA). ISBN 2-7068-0823-3. 502 p.

SASSER, Preston E.; HINKLE, David. **An objective measurement of neps by AFIS**, Proceedings: Beltwide Cotton Production Research Conferences. New Orleans-LA, p. 568-569, jan. 1988. National Cotton Council, Memphis, TN, USA.